

12.11.99

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

09/856051

JP99/6319

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1998年11月18日

REC'D 06 JAN 2000

出 願 番 号
Application Number:

平成10年特許願第327651号

WIPO PCT

出 願 人
Applicant(s):

株式会社ニコン

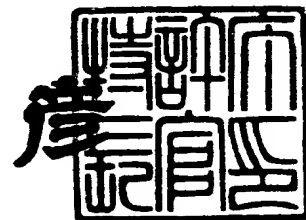
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1999年12月17日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-3087644

【書類名】 特許願

【整理番号】 98-01023

【提出日】 平成10年11月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 投影露光方法及び装置

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

【氏名】 西 健爾

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代表者】 吉田 庄一郎

【代理人】

【識別番号】 100098165

【弁理士】

【氏名又は名称】 大森 聡

【電話番号】 044-900-8346

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019840

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9115388

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 投影露光方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスクのパターンの像を投影光学系を介して基板ステージ上の基板上に投影する投影露光方法において、

前記投影光学系の物体面側、又は像面側の被検面上の第 1 組の複数の計測点にそれぞれ前記投影光学系の光軸に対して斜めに検出用の光束を照射することによって、該複数の計測点における前記光軸方向の位置であるフォーカス位置を個別に検出する第 1 のフォーカス位置検出系と、

前記被検面の第 2 組の複数の計測点にそれぞれ前記光軸に対して斜めに検出用の光束を照射することによって、該複数の計測点におけるフォーカス位置を個別に検出する第 2 のフォーカス位置検出系と、を用い、

前記第 1 組の複数の計測点と前記第 2 組の複数の計測点とは実質的に互いに少なくとも一部の計測点を共有しており、

前記第 1 及び第 2 のフォーカス位置検出系を用いてそれぞれ前記共有されている計測点でフォーカス位置を検出し、

該検出結果に基づいて前記第 1 及び第 2 のフォーカス位置検出系の検出結果のキャリブレーションを行い、

前記第 1 又は第 2 のフォーカス位置検出系の少なくとも一方の検出結果を用いて前記基板の表面の前記投影光学系の像面に対する合焦を行うことを特徴とする投影露光方法。

【請求項 2】 前記第 1 及び第 2 のフォーカス位置検出系は、前記共有されている計測点の近傍に互いに異なる方向に振動する検出用の光束を照射し、該検出用の光束による反射光を検出することを特徴とする請求項 1 記載の投影露光方法。

【請求項 3】 前記マスク上の第 1 マーク、又は前記基板ステージ上の第 2 マークの少なくとも一方を前記投影光学系を介して検出することによって前記マスクと前記基板との合焦状態を検出する第 3 のフォーカス位置検出系を更に用い、

前記第 1 及び第 2 のフォーカス位置検出系を用いてそれぞれ前記共有されている計測点でフォーカス位置を検出したときに、

該検出結果の差分が所定の状態になったときに前記第 3 のフォーカス位置検出系によって前記マスクと前記基板との合焦状態を検出し、

該検出結果に基づいて前記第 1 及び第 2 のフォーカス位置検出系の検出結果のキャリブレーションを行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の投影露光方法。

【請求項 4】 マスクのパターンの像を基板上に投影する投影光学系と、前記基板を前記投影光学系の光軸に実質的に垂直な平面内で位置決めする基板ステージとを有する投影露光装置において、

前記マスク又は前記基板の少なくとも一方を前記投影光学系の光軸方向に駆動する合焦用ステージと、

前記投影光学系の物体面側、又は像面側の被検面上の第 1 組の複数の計測点にそれぞれ前記投影光学系の光軸に対して斜めに検出用の光束を照射することによって、該複数の計測点における前記光軸方向の位置であるフォーカス位置を個別に検出する第 1 のフォーカス位置検出系と、

前記被検面上で前記第 1 組の複数の計測点と少なくとも一部を実質的に共有する第 2 組の複数の計測点にそれぞれ前記光軸に対して斜めに検出用の光束を照射することによって、該複数の計測点におけるフォーカス位置を個別に検出する第 2 のフォーカス位置検出系と、を設け、

前記第 1 又は第 2 のフォーカス位置検出系の少なくとも一方の検出結果に基づいて前記合焦用ステージを駆動して前記基板の表面の前記投影光学系の像面に対する合焦を行うことを特徴とする投影露光装置。

【請求項 5】 前記マスク上の第 1 マーク、又は前記基板ステージ上の第 2 マークの少なくとも一方を前記投影光学系を介して検出することによって前記マスクと前記基板との合焦状態を検出する第 3 のフォーカス位置検出系と、

該第 3 のフォーカス位置検出系の検出結果に基づいて前記第 1 及び第 2 のフォーカス位置検出系の検出結果のキャリブレーションを行う制御系と、を設けたことを特徴とする請求項 4 記載の投影露光装置。

【請求項6】 前記第1及び第2のフォーカス位置検出系は、
それぞれ前記共有されている計測点の近傍に互いに異なる方向に振動する検出用の光束を照射する送光系と、
該検出用の光束による反射光を受光する受光系と、
該受光系からの検出信号を前記検出用の光束の振動に同期して同期検波する検出系と、を有することを特徴とする請求項5記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば半導体素子、撮像素子（CCD等）、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスを製造するためのリソグラフィ工程でマスクパターンを基板上に転写するために使用される投影露光方法及び装置に関し、特にオートフォーカス方式で投影光学系の像面に対して基板の表面を合焦させる機構を備えた投影露光装置に使用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体デバイスの高集積化に伴い、ステッパ等の投影露光装置においては、基板としてのレジストが塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上の各ショット領域により微細な線幅の回路パターンの像を高い解像度で投影することが要求されている。このためには、投影光学系の開口数を増大させて、露光波長を短波長化する必要があるが、それに伴って投影光学系の焦点深度は狭くなる傾向にある。そこで、投影露光装置に備えられたオートフォーカス機構の合焦精度を高めて、投影光学系の像面（マスクとしてのレチクルのパターンの投影像のベストフォーカス位置）に対して、そのように狭くなる焦点深度の幅内にウエハの表面を正確に合わせ込んで露光を行う必要が生じている。

【0003】

また、そのオートフォーカス機構は、ウエハの表面のフォーカス位置（投影光学系の光軸方向の位置）を検出するオートフォーカスセンサ（以下、「AFセンサ」と言う。）と、このAFセンサの計測結果に基づいてウエハ又はレチクルの

高さを制御するステージ系とから構成されている。従来のAFセンサとしては主に、例えば特開平6-283403号公報に開示されているように、投影光学系を介することなく被検面に斜めにスリット像等を投影し、その被検面からの反射光を受光する斜入射方式のAFセンサが使用されていた。この斜入射方式のAFセンサは、露光中にも被検面のフォーカス位置の変動量を計測できる利点がある反面、投影光学系を介していないために、例えば露光用の照明光（露光光）の照射熱によって投影光学系の像面の位置が変動したような場合に、その被検面のデフォーカス量の変化を直接計測することが困難であった。

【0004】

そこで、実際に投影光学系の像面に対する被検面のデフォーカス量を計測するために、例えば特開平9-283421号公報に開示されているように、投影光学系を介してレチクル上のマークの像をウエハステージ上に投影し、この像のコントラストに基づいて像面の位置を計測するTTR（スルー・ザ・レチクル）方式のAFセンサが提案されている。このTTR方式のAFセンサは、投影光学系の像面を直接計測できる利点がある反面、その計測を行うためにはウエハに対する露光動作を中断する必要があるため、あまり頻繁に使用すると露光工程のスループットが低下してしまう。そこで、従来は一例として、TTR方式のAFセンサと、斜入射方式のAFセンサとを併用し、通常の露光中には斜入射方式のAFセンサを使用して合焦を行い、例えばロット間、半日に一度、又は1日に1回というような頻度でTTR方式のAFセンサを用いて実際の像面の位置の計測を行い、この計測結果に基づいてその斜入射方式のAFセンサの計測値のキャリブレーションを行っていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

上記の如く従来の露光方法では、例えば所定の時間間隔で斜入射方式のAFセンサのキャリブレーションを行うことによって、スループットを大きく低下させることなく、合焦精度を所定の許容範囲内に維持していた。ところが、斜入射方式のAFセンサは、投影光学系の側面でウエハの近傍に配置されているため、露光光の照射熱によってウエハの温度が次第に上昇すると、その斜入射方式のAF

センサを構成する各部材の温度も上昇して、フォーカス位置の計測値が次第にドリフトする恐れがあった。更に、そのAFセンサを構成する所定の光学部材の不規則な微妙な位置ずれ等によって、その計測値が不規則にドリフトする恐れもあった。このようなドリフト量は僅かであるが、今後半導体デバイスの一層の高集積化に対応して、例えば露光波長が更に短波長化して、焦点深度が狭くなるような場合には、斜入射方式のAFセンサの計測値のドリフトによって、ウエハの表面が像面に対して焦点深度の幅から外れる恐れがある。

【0006】

このようなAFセンサの計測値のドリフトを小さくするためには、上記のTTR方式のAFセンサを用いてのキャリブレーションを高頻度（例えばウエハ交換毎）に行えばよいが、このように高い頻度で露光を中断してTTR方式のAFセンサを使用すると、スループットが大幅に低下するという不都合がある。

本発明は斯かる点に鑑み、スループットをあまり低下させることなく、露光中にも高精度に投影光学系の像面に対する露光対象の基板の表面のデフォーカス量を検出できる投影露光方法を提供することを第1の目的とする。

【0007】

更に本発明は、スループットをあまり低下させることなく、高精度に投影光学系の像面に対して露光対象の基板の表面を合わせ込んで（合焦させて）、その基板上にマスクパターンの像を露光できる投影露光方法を提供することを第2の目的とする。

更に本発明は、投影光学系を介することなく被検面のフォーカス位置を検出する斜入射方式のフォーカス位置検出系（AFセンサ）を使用してオートフォーカス方式で合焦を行いつつ露光を行う場合に、スループットをあまり低下させることなく、そのフォーカス位置検出系自体の計測値のドリフト量の補正を行うことができる投影露光方法を提供することを第3の目的とする。

【0008】

更に本発明は、そのような投影露光方法を実施できる投影露光装置を提供することをも目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明による第 1 の投影露光方法は、マスク (1 2) のパターンの像を投影光学系 (1 1) を介して基板ステージ (2) 上の基板 (7) 上に投影する投影露光方法において、その投影光学系の物体面側、又は像面側の被検面上の第 1 組の複数の計測点 (F 1 a ~ F 1 k) にそれぞれその投影光学系の光軸に対して斜めに検出用の光束を照射することによって、この複数の計測点におけるその光軸方向の位置であるフォーカス位置を個別に検出する第 1 のフォーカス位置検出系 (1 1 7 a, 1 1 8 a) と、その被検面の第 2 組の複数の計測点 (F 2 a ~ F 2 k) にそれぞれその光軸に対して斜めに検出用の光束を照射することによって、この複数の計測点におけるフォーカス位置を個別に検出する第 2 のフォーカス位置検出系 (1 1 7 b, 1 1 8 b) と、を用い、その第 1 組の複数の計測点とその第 2 組の複数の計測点とは実質的に互いに少なくとも一部の計測点 (F 1 d, F 1 f, F 1 i) を共有しており、その第 1 及び第 2 のフォーカス位置検出系を用いてそれぞれその共有されている計測点でフォーカス位置を検出し、この検出結果に基づいてその第 1 及び第 2 のフォーカス位置検出系の検出結果のキャリブレーションを行い、その第 1 又は第 2 のフォーカス位置検出系の少なくとも一方の検出結果を用いてその基板の表面のその投影光学系の像面に対する合焦を行うものである。

【0 0 1 0】

斯かる本発明によれば、その斜入射方式の第 1、又は第 2 のフォーカス位置検出系によって、その基板に対する露光中も継続してその基板 (7) のフォーカス位置、又はそのマスク (1 2) のフォーカス位置の変動量を計測することができ、この計測値に基づいて例えばオートフォーカス方式 (オートレベリング方式を含めてもよい) でその基板の表面をその投影光学系の像面に合わせ込む (合焦させる) ことができる。また、その第 1、及び第 2 のフォーカス位置検出系の大部分を実質的に異なる支持台に取り付けることによって、それらのフォーカス位置検出系自体の計測値のドリフト等の検出誤差は互いに独立に発生すると考えられる。

【0 0 1 1】

そこで、例えば基板（ウエハ等）を交換する際にその投影光学系の露光領域に所定の基準平面を持つ部材を移動して、その共有している計測点でフォーカス位置を計測し、これらの計測結果を比較することによって、殆どスループットを低下させることなく、その第1、及び第2のフォーカス位置検出系自体の計測誤差を求めることができ、この計測誤差を用いてそれらのフォーカス位置検出系の検出結果のキャリブレーションを行うことができる。この後は、その基板の表面のデフォーカス量を高精度に検出することができる。また、同一の支持台であっても光学部材の保持は異なっているので、その部分の変動については同様の効果がある。

【0012】

この際に、その第1及び第2のフォーカス位置検出系は、その共有されている計測点の近傍に互いに異なる方向に振動する検出用の光束を照射し、この検出用の光束による反射光を検出することが望ましい。このように互いに異なる方向に検出用の光束を振動させて、被検面からの反射光の光電変換信号を例えば同期整流することによって、その第1及び第2のフォーカス位置検出系で検出されるデフォーカス量を $\Delta f d 1$ 及び $\Delta f d 2$ とすると、 $(\Delta f d 1 + \Delta f d 2) / 2$ はほぼその被検面の実際のフォーカス位置の変化量（デフォーカス量）に対応し、 $(\Delta f d 1 - \Delta f d 2) / 2$ は、ほぼその第1及び第2のフォーカス位置検出系自体の検出誤差（又はこの絶対値）に対応する。即ち、その被検面のデフォーカス量とそれらのフォーカス位置検出系自体の検出誤差（例えば光学系の熱変形等に伴うドリフト等）とを正確に分離することができる。

【0013】

この場合、そのマスク（12）上の第1マーク（100）、又はその基板ステージ（2, 3）上の第2マークの少なくとも一方をその投影光学系（11）を介して検出することによってそのマスクとその基板との合焦状態を検出する第3のフォーカス位置検出系（8～9, 17）を更に用い、その第1及び第2のフォーカス位置検出系を用いてそれぞれその共有されている計測点でフォーカス位置を検出したときに、この検出結果の差分が所定の状態になったとき（例えば所定値よりも大きくなったとき）にその第3のフォーカス位置検出系によってそのマス

クとその基板との合焦状態を検出し、この検出結果に基づいてその第1及び第2のフォーカス位置検出系の検出結果のキャリブレーションを行うことが望ましい。

【0014】

その第3のフォーカス位置検出系は、その投影光学系の合焦状態、例えばその投影光学系の像面に対するその基板の表面のデフォーカス量をTTR（スルー・ザ・レチクル）方式で直接高精度に検出することができるが、これを頻繁に使用するとスループットが低下する。しかしながら、本発明では、例えばその第1及び第2のフォーカス位置検出系の検出結果の差分が大きくなったときに、その第3のフォーカス位置検出系を用いてキャリブレーションを行うことにしているため、スループットは殆ど低下しない。

【0015】

次に、本発明による投影露光装置は、マスク（12）のパターンの像を基板（7）上に投影する投影光学系（11）と、その基板をその投影光学系の光軸に実質的に垂直な平面内で位置決めする基板ステージ（2）とを有する投影露光装置において、そのマスク又はその基板の少なくとも一方をその投影光学系の光軸方向に駆動する合焦用ステージ（3）と、その投影光学系の物体面側、又は像面側の被検面上の第1組の複数の計測点（F1a～F1k）にそれぞれその投影光学系の光軸に対して斜めに検出用の光束を照射することによって、この複数の計測点におけるその光軸方向の位置であるフォーカス位置を個別に検出する第1のフォーカス位置検出系（117a, 118a）と、その被検面上でその第1組の複数の計測点と少なくとも一部を実質的に共有する第2組の複数の計測点（F2a～F2k）にそれぞれその光軸に対して斜めに検出用の光束を照射することによって、この複数の計測点におけるフォーカス位置を個別に検出する第2のフォーカス位置検出系（117b, 118b）と、を設け、その第1又は第2のフォーカス位置検出系の少なくとも一方の検出結果に基づいてその合焦用ステージを駆動してその基板の表面のその投影光学系の像面に対する合焦を行うものである。斯かる本発明によれば、本発明の投影露光方法を使用できる。

【0016】

この場合、更にそのマスク上の第1マーク、又はその基板ステージ上の第2マークの少なくとも一方をその投影光学系を介して検出することによってそのマスクとその基板との合焦状態を検出する第3のフォーカス位置検出系（8～10, 17）と、この第3のフォーカス位置検出系の検出結果に基づいてその第1及び第2のフォーカス位置検出系の検出結果のキャリブレーションを行う制御系（110）と、を設けることが望ましい。

【0017】

また、その第1及び第2のフォーカス位置検出系は、それぞれその共有されている計測点の近傍に互いに異なる方向に振動する検出用の光束を照射する送光系と、この検出用の光束による反射光を受光する受光系と、この受光系からの検出信号をその検出用の光束の振動に同期して同期検波する検出系と、を有することが望ましい。これらの2つのフォーカス位置検出系は、計測値のドリフトが同時に発生しないように互いに独立の支持台に固定して製造することが望ましい。

【0018】

しかしながら、構造的に互いに独立の支持台に固定することが容易でない場合等には、それらを共通の支持台に固定すると共に、一例として、その第1及び第2のフォーカス位置検出系の送光系（117a, 117b）中で振動ミラー（57）を共通に使用して、1組の反転光学系（61a, 61b）を設けると共に、更にそれらの受光系中に1組の反転光学系（66a, 66b）を設けるように製造することで、発生する2つの計測値のドリフトの符号を逆にして、そのドリフトを正確に分離することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態の一例につき図面を参照して説明する。

図1は、本例の投影露光装置の概略構成を示し、この図1において、KrFエキシマレーザ（波長248nm）、ArFエキシマレーザ（波長193nm）、又はF₂レーザ（波長157nm）等のレーザ光源35より射出された露光用の照明光は、2枚のレンズ34, 33よりなるビームエキスパンダ系によって、所定の断面形状の光束に整形された後、ミラー32により偏向されてシャッタ29

に達する。なお、露光光源としては、レーザ光源 35 の他に、水銀ランプ等の輝線光源等を使用することも可能である。シャッタ 29 は、照明光の光路に斜めに設置される反射面を持ち、装置全体の動作を統轄制御する制御装置 110 が、シャッタ制御装置 31、及びモータ 30 を介してシャッタ 29 を開閉することによって、照明光をそのまま通過させるか、又は反射することができる。

【0020】

シャッタ 29 が開いているときに、シャッタ 29 の側面を通過した照明光は、レンズ 28 を経て第 1 フライアイレンズ 27 に入射する。第 1 フライアイレンズ 27 の射出面近傍に形成された多数の光源像からの照明光は、スペックル除去用の振動ミラー 26、レンズ 25 を経て第 2 フライアイレンズ 22 に入射する。第 2 フライアイレンズ 22 の射出面近傍で、露光対象のレチクル 12 のパターン面に対する光学的なフーリエ変換面（瞳面）には、回転自在なターレット板よりなる開口絞り板 19 が配置され、開口絞り板 19 には通常照明用の円形開口、輪帯照明用の輪帯状開口、複数の偏心した小開口よりなる変形照明用の開口絞り（例えば特開平 4-225357 号公報参照）等の各種の照明系開口絞り（ σ 絞り）が配置され、制御装置 110 が、照明条件切換部 21 を介してモータ 20 によって開口絞り板 19 を回転することで、所望の照明条件に対応する照明系開口絞りを照明光の光路中に配置することができる。

【0021】

第 2 フライアイレンズ 22 から射出されてその照明系開口絞りを通過した照明光は、1%以下の小さい反射率を有するビームスプリッタ 18 を透過して、リレーレンズ、レチクルブラインド（可変視野絞り）、コンデンサレンズ等を有する照明光学系 49 を経てレチクル 12 のパターン面（下面）の所定形状の照明領域に照射される。露光時には、レチクル 12 の照明領域内のパターンの像が投影光学系 11 を介して、投影倍率 β （ β は例えば $1/4$ 、 $1/5$ 等）で基板としてのレジストが塗布されたシリコンウエハ等のウエハ（wafer）7 の表面に投影される。なお、図 1 は、投影光学系 11 の露光領域に基準マーク部材 8（詳細後述）が移動した状態を示している。以下、投影光学系 11 の光軸 AX に平行に Z 軸を取り、Z 軸に垂直な平面内で図 1 の紙面に平行に X 軸を、図 1 の紙面に垂直に Y 軸

を取って説明する。

【0022】

レチクル12は、X方向、Y方向、及びZ軸の回りの回転方向に2次元移動自在のレチクルステージ50上に載置され、レチクルステージ50の2次元的位置は不図示のレーザ干渉計（レチクル干渉計）によって計測されており、制御装置110は、そのレチクル干渉計の計測値に基づいて不図示の駆動部を介してレチクルステージ50の位置、及び必要に応じて移動速度を制御する。レチクル12のパターン面には、露光用の回路パターンの他にレチクルアライメント用のアライメントマーク43A、43Bと、フォーカス位置計測用のマーク100とが形成されている。マーク100は複数のL/S（ライン・アンド・スペース）パターンより構成され、アライメントマーク43A、43B及びマーク100は、投影光学系11の物体面側の視野内に収まる位置に配置されている。

【0023】

一方、ウエハ7は、ウエハホルダ6上に吸着保持され、ウエハホルダ6は投影光学系11の光軸方向（Z方向）への移動及び所定範囲内での傾斜（チルト駆動）が可能なZチルトステージ3上に固定され、Zチルトステージ3は、エアガイド及びリニアモータによって定盤1上をX方向、Y方向に移動自在なXYステージ2上に固定されている。Zチルトステージ3及びXYステージ2よりウエハステージ（基板ステージ）が構成されている。Zチルトステージ3上に固定された移動鏡4、及びレーザ干渉計よりなるウエハ干渉計5によってZチルトステージ3（ウエハ7）の2次元的位置が計測され、制御装置110は、その計測値に基づいて不図示の駆動部を介してXYステージ2を駆動することによって、Zチルトステージ3（ウエハ7）の位置、及び必要に応じて移動速度を制御する。

【0024】

露光時には、ステップ・アンド・スキャン方式で走査露光を行う場合には、XYステージ2をステップ移動した後、レチクルステージ50及びXYステージ2を投影倍率 β を速度比としてX方向（走査方向）に同期移動することによって、ウエハ7上の各ショット領域にレチクル12のパターン像が走査露光される。また、ステップ・アンド・リピート方式で露光を行うことも可能であり、この際に

は、XYステージ2をステップ移動しながらウエハ7上の各ショット領域に順次レチクル12のパターンの像が露光される。

【0025】

このような露光の際に露光量制御を行うために、ビームスプリッタ18で反射された照明光が光電検出器よりなるインテグレータセンサ24で受光され、インテグレータセンサ24の検出信号がアライメント制御装置16に供給されている。アライメント制御装置16では、その検出信号より照明光のウエハステージ上での照度を求めると共に、露光中には必要に応じて積算露光量を算出し、算出結果を制御装置110に供給する。制御装置110は、照明光の照度、又は積算露光量に基づいてウエハ7に対する積算露光量を適正露光量に制御する。

【0026】

次に、レチクル12のアライメント機構について説明する。本例でレチクル12のアライメント等を行う場合には、図1において、制御装置110はシャッタ29を閉じて照明光の光路中に設定する。これによって、レーザ光源35から射出されてシャッタ29で偏向された照明光は、レンズ36を介して光ファイバ束10の第1分岐部10Bに入射する。光ファイバ束10の第2分岐部10Aの射出面は、アライメント制御装置16に接続された光電検出器17の受光面の直前に配置され、光ファイバ束10の他の分岐部は、Zチルトステージ3中に配置された受光発光系9中に導かれている。光電検出器17としては、フォトマルチプライア、又はフォトダイオード等が使用できる。また、受光発光系9上に照明光に対して透過性のガラス基板よりなる基準マーク部材8が固定され、基準マーク部材8の表面は、ウエハホルダ6上に保持される例えば平面度の良好な基準ウエハの表面と共に同一平面上に位置するように設定されている。

【0027】

図15(a)は、Zチルトステージ3の内部の受光発光系9の構成を示し、図15(b)は図15(a)中の基準マーク部材8を示す平面図であり、この図15において、基準マーク部材8の表面8aには遮光膜中に配列されたほぼ正方形の開口パターン8c、この開口パターン8cをX方向に挟むように配列された1対の棒状の基準マーク8b、8e、及び後述のウエハアライメントセンサ用の2

次元の基準マーク 8 d が形成されている。

【0028】

図 15 (a) の受光発光系 9 において、光ファイバ束 10 の第 3 分岐部 10 C から射出された露光用の照明光 I L は、ミラー 151、集光レンズ 152 を経て基準マーク部材 8 の底面側から基準マーク 8 b を照明する。同様に、光ファイバ束 10 の別の分岐部 (不図示) からの照明光が、他方の基準マーク 8 e を照明する。なお、本例は底面側からの発光型であるが、当然にレチクル側からの落射照明であっても良い。基準マーク 8 b, 8 e の周囲を透過した照明光 I L は、図 1 の投影光学系 11 を介してそれぞれレチクル 12 の例えば十字型のアライメントマーク 43 A, 43 B を含む領域を照明する。図 1 において、投影光学系 11 側からアライメントマーク 43 A の周囲を透過した照明光は、ミラー 13、アライメント受光系 14 を経て CCD 型等の 2 次元の撮像素子 15 上に基準マーク 8 b 及びアライメントマーク 43 A の像を形成する。ミラー 13、アライメント受光系 14、及び撮像素子 15 よりレチクルアライメント顕微鏡 (以下、「RA 顕微鏡」と言う) が構成され、撮像素子 15 の撮像信号はアライメント制御装置 16 に供給され、アライメント制御装置 16 では、その撮像信号を処理して基準マーク 8 b の像に対するアライメントマーク 43 A の X 方向、Y 方向への位置ずれ量を算出し、算出された位置ずれ量を制御装置 110 に供給する。

【0029】

また、不図示の RA 顕微鏡によって、図 15 (b) の基準マーク 8 e の像に対するアライメントマーク 43 B の位置ずれ量が計測され、この計測値も制御装置 110 に供給されている。その 1 対のアライメントマーク 43 A, 43 B の位置ずれ量が対称に最小になるようにレチクルステージ 50 を位置決めすることで、Z チルトステージ 3、ひいてはウエハステージの座標系に対してレチクル 12 のアライメントが行われる。

【0030】

更に、投影光学系 11 の側面にはウエハ 7 上のアライメントマーク (ウエハマーク) の位置を検出するためのオフ・アクシス方式で画像処理方式のウエハアライメントセンサ 160 が設置され、ウエハアライメントセンサ 160 の撮像信号

もアライメント制御装置 16 に供給されている。そして、上記のレチクルアライメントが完了した時点で、ウエハアライメントセンサ 160 を用いて図 15 (b) の基準マーク 8 d の検出中心からの位置ずれ量を検出し、この位置ずれ量を予め求められている基準マーク 8 b, 8 e の中心と基準マーク 8 d の中心との間隔に加算することで、ウエハアライメントセンサ 160 の検出中心とレチクル 12 のパターン像の中心（露光中心）との間隔であるベースライン量が算出され、このベースライン量が制御装置 110 内の記憶部に記憶される。ウエハに対する露光時には、ウエハアライメントセンサ 160 を用いてウエハの所定のショット領域に付設されたウエハマークの位置を検出し、この検出結果から算出されるウエハ上の全部のショット領域の配列座標をそのベースライン量で補正した座標に基づいて XY ステージ 2 を駆動することで、高い重ね合わせ精度が得られる。

【0031】

なお、そのベースライン量は経時変化することがあるため、例えば 1 枚のウエハに対する露光が終了する毎に、基準マーク部材 8 を投影光学系 11 の露光領域に移動して上記の動作を実行することによって、ベースライン量の再計測が行われる。このように所定間隔で定期的に行われるベースライン量の再計測動作をインターバル・ベースラインチェックと呼ぶ。

【0032】

さて、レチクル 12 上のパターン像をウエハ 7 の被露光面（表面）上の各ショット領域に露光する際には、レチクル 12 上のパターンの投影光学系 11 を介した像面（ベストフォーカス位置）に対して焦点深度の幅内にウエハ 7 の表面を合わせ込む（合焦させる）ようにオートフォーカス制御を行う必要がある。なお、本例のオートフォーカス制御には、ウエハ 7 の表面の傾斜角を制御するオートレベルリング制御も含まれている。このために、本例の投影露光装置には、ウエハ 7 の表面の像面に対するデフォーカス量、及び傾斜角のずれ角を計測するための複数の AF センサと、この AF センサの計測値に基づいてウエハ 7 の表面のフォーカス位置及び傾斜角を像面に合わせ込む Z チルトステージ 3 とを含むオートフォーカス機構が備えられている。

【0033】

本例の複数のAFセンサは、本発明の第3のフォーカス位置検出系に対応するTTR（スルー・ザ・レチクル）方式のAFセンサと、本発明の第1、及び第2のフォーカス位置検出系に対応する2軸の斜入射方式のAFセンサとから構成されている。まず、TTR方式のAFセンサにつき説明する。TTR方式のAFセンサを使用する場合には、図1において、シャッタ29を開いて、レーザ光源35からの露光用の照明光で、照明光学系49等を介してレチクル12上のフォーカス位置計測用のマーク100を含む領域を照明し、このマーク100の像を投影光学系11を介して基準マーク部材8上に投影し、この投影像を基準マーク部材8上の開口パターン8c（図15参照）でX方向、又はY方向に相対走査する。

【0034】

図15（a）において、開口パターン8cを通過した照明光ILは、Zチルトステージ3内の受光発光系9において、集光レンズ153、ミラー154を経て光ファイバ束10の第4分岐部10Dに入射する。第4分岐部10Dに入射した照明光ILは、図1において、光ファイバ束10の第2分岐部10Aを経て光電検出器17に入射し、光電検出器17の検出信号S1がアライメント制御装置16に供給されている。基準マーク部材8、受光発光系9、光ファイバ束10、及び光電検出器17より本例のTTR方式のAFセンサ（8～10、17）が構成されている。この場合、アライメント制御装置16では走査型計測法を適用して、マーク100の像に対する開口パターン8cの相対走査に同期して、光電検出器17の検出信号S1をサンプリングする。このようなレチクル12上のマーク100と開口パターン8cとの相対走査を行うには、XYステージ2とレチクルステージ50との何れを駆動してもよい。

【0035】

なお、図1において、レーザ光源35としてKrFエキシマレーザやArFエキシマレーザ等のパルス発光の光源を使用した場合には、光電検出器17においてパルス光を検出するために、アライメント制御装置16の入力部に例えばピークホールド回路及びアナログ／デジタル（A/D）変換器等を備えることが望ましい。更に、パルス発光毎の照明光ILのエネルギーのばらつきを補正するため

に、アライメント制御装置 16 内の演算部では、インテグレータセンサ 24 で検出される照明光 I_L の照度（パルスエネルギー）で、光電検出器 17 の検出信号を逐次除算することによって、光電検出器 17 の検出信号を規格化する。そして、この規格化された検出信号 S_1' を用いて、マーク 100 の像のコントラストを求める。

【0036】

即ち、図 16 (a) に示すように、基準マーク部材 8 上には、マーク 100 の像として X 方向に L/S パターン状の投影像 100 a と、Y 方向に L/S パターン状の投影像 100 b とが投影されている。そこで、まず開口パターン 8 c で投影像 100 a を X 方向に走査して、光電検出器 17 の規格化された検出信号 S_1' を XY ステージ 2 の X 座標に対してプロットして、図 16 (b) に示すように積算光量に対応する信号（実際には位置 X に沿って離散的にプロットされている）を得る。次に、アライメント制御装置 16 内の演算部では、その検出信号 S_1' を微分（実際には差分演算）して図 16 (c) の曲線 100 c で示す微分信号 dS_1' / dX を求めると、この曲線 100 c の振幅が投影像 100 a のコントラスト C に対応する。

【0037】

そこで、図 1 の制御装置 110 の制御のもとで、Z チルトステージ 3 を駆動して基準マーク部材 8 のフォーカス位置を所定量ずつ変化させながら、上記の開口パターン 8 c の走査を繰り返して投影像 100 a のコントラスト C を求めて、基準マーク部材 8 のフォーカス位置 Z に対して得られたコントラスト C をプロットすると、図 16 (d) のデータ列 100 e, 100 f, … が得られる。このデータ列を最小自乗法等で例えば 2 次曲線で近似し、この 2 次曲線の値が最大になるフォーカス位置 BFX を求めると、このフォーカス位置 BFX が投影像 100 a のベストフォーカス位置となる。実際には、投影光学系 11 の非点収差の影響を除去するために、図 16 (a) の Y 軸の投影像 100 b を開口パターン 8 c で Y 方向に走査することによって、投影像 100 b に関してもベストフォーカス位置 BFY を求め、2 つのベストフォーカス位置の平均値 $(BFX + BFY) / 2$ を実際のベストフォーカス位置として、このベストフォーカス位置に Z チルトステ

ージ3のフォーカス位置を設定する。これによって、基準マーク部材8の表面が投影光学系11の実際の像面に合致した状態となる。この状態で、例えば後述の斜入射方式のAFセンサで基準マーク部材8の表面のフォーカス位置を計測し、この計測値が0となるようにキャリブレーションを行えば、その後はその斜入射方式のAFセンサによるウエハ7の表面のフォーカス位置の計測値が正確に像面からのデフォーカス量を表すことになる。なお、そのように投影像と開口パターンとを相対走査して、投影像のコントラストを求めるためのより詳細な方法は、特開平9-283421号公報に開示されている。

【0038】

更に、実際に傾斜角も含めて投影光学系の像面を決定するためには、レチクル12のパターン面の3箇所以上にフォーカス位置計測用マーク100と同じマークを形成しておき、これらの3箇所以上の複数のマークの投影像のベストフォーカス位置をそれぞれ計測し、これらの複数のベストフォーカス位置を近似する平面を決定し、この平面に基準マーク部材8の表面が合致するようにZチルトステージ3を制御すればよい。このようにして求められたベストフォーカス位置、又は像面は、レチクル12のパターンの実際に投影光学系11を介した投影像に基づいて定められているため、周囲の大気圧や温度等の環境変化、及び露光光の吸収による光学部材の熱変形等に起因する投影光学系11自体のフォーカス位置の変動をも考慮した極めて高精度な計測値とみなすことができる。

【0039】

上記のように、TTR方式のAFセンサ(8~10, 17)を使用すると、投影光学系11の実際の像面(ベストフォーカス位置)に対して基準マーク部材8の表面を高精度に合焦させることができる。しかしながら、そのAFセンサ(8~10, 17)を使用すると露光動作のスループットが低下するため、本例では露光中には以下で説明する斜入射方式のAFセンサを使用する。

【0040】

図1において、投影光学系11の側面に2軸分の送光系117、及び2軸分の受光検出系118よりなる2軸の斜入射方式のAFセンサ(117, 118)が配置され、受光検出系118で検出される複数のフォーカス信号が制御装置11

0に供給され、制御装置110は送光系117、及び受光検出系118の動作を制御すると共に、Zチルトステージ3の動作をオートフォーカス方式（オートレベリング方式を含む）で制御する。

【0041】

図2は、その2軸のAFセンサの内の第1の斜入射方式のAFセンサ（117a, 118a）を示し、この図2において、投影光学系11の露光領域にはウエハ7の表面が設定されている。この場合、不図示のハロゲンランプ等から射出される比較的広帯域の光の中から、不図示の波長フィルタによってウエハ7上のレジストに対する感光性の弱い波長域の光をフォーカス位置検出用の照明光として選択し、この照明光を不図示の光ファイバ束を介して投影光学系11の近傍まで伝送する。そして、その光ファイバ束の第1及び第2の射出端52a及び52b（図3参照）よりその照明光を取り出す。

【0042】

図2において、光ファイバ束の射出端52aより射出された照明光F1は、レンズ53aを経て、ウエハ7の表面（被検面）との共役面に配置された照明スリット部54aを照明する。ここで、本例の投影露光装置がステップ・アンド・スキャン方式であり、投影光学系11による露光領域を図4（c）に示すY方向に細長い長方形の露光領域IUであるとする、図4（a）は、その露光領域IUを含む領域上に照明スリット部54aの像（これも54aで表す）を投影した状態を表している。この図4（a）において、照明スリット部の像54aには暗部を背景として斜線を施して示すように、複数（本例では11個）の明るいスリット像F1a～F1kが含まれている。従って、照明スリット部54aには、図5に示すようにそれらの11個のスリット像に対応するスリット状の開口パターン54Pa～54Pkよりなる開口パターン54Pが形成されている。

【0043】

これらの開口パターン54Pa～54Pkを通過した照明光F1は、図2において、レンズ55a、ミラー56a、振動ミラー57、リレー系58a、レンズ59aを経て一度それらの開口パターンの像（スリット像）を形成する。これらの開口パターンの像から発散する照明光F1は、レンズ60a、ミラー61a、

レンズ 62a、光路シフト用の光学部材 63a を介して、投影光学系 11 の光軸 AX に対して斜めにウエハ 7 の表面にスリット像 F1a～F1k を投影する。図 4 (a) に示すように、スリット像 F1a～F1k の投影方向 D1 は、露光領域 IU に対して僅かに反時計回りに傾斜している。また、中央のスリット像 F1f の中心は、露光領域 IU の中心（投影光学系 11 の光軸 AX）に合致している。

【0044】

振動ミラー 57 の反射面は、ウエハ 7 の表面に対して光学的なフーリエ変換面（瞳面）の近傍に配置されており、駆動系 73 が所定の駆動信号を介してアクチュエータ 57a を駆動することで、照明光 F1 の光軸を通り、この光軸に直交する軸を中心として時計方向、及び反時計方向に交互に回転するように振動ミラー 57 を所定周期で振動させている。駆動系 73 の駆動信号は信号処理制御系 72 にも供給されている。光ファイバ束の射出端 52a～ミラー 56a、振動ミラー 57、リレー系 58a～光学部材 63a より送光系 117a が構成されている。また、ミラー 61a（即ち、1面反射部材）と後述の図 3 の第 2 の AF センサ中の 2面反射部材 61b とが第 1 の反転光学系を構成している。

【0045】

図 2 において、ウエハ 7 の表面で反射した照明光 F1 は、光路シフト用の光学部材 64a、レンズ 65a、2面反射部材 66a、レンズ 67a、及び平行平面ガラスよりなる光軸調整用のハーピング 51a を経て、受光センサ 68a の受光面に複数のスリット像（これらも「F1a～F1k」と呼ぶ）を再結像する。2面反射部材 66a は、入射光に対して 2 回の反射を行って光路を偏向する部材である。

【0046】

図 17 (a) は、その受光センサ 68a の受光面を示し、この図 17 (a) においては、図 4 (c) の露光領域 IU と共役な領域 IUP も示されている。その受光面には、再結像されるスリット像 F1a～F1k の近傍にスリット状の開口 70aa～70ak が形成され、これらの開口 70aa～70ak の底面に互いに独立にフォトダイオード等の光電検出器 68aa～68ak が固定され、これらの光電検出器 68aa～68ak の検出信号が並列に図 2 の信号処理制御系 7

2 に供給されている。信号処理制御系 7 2 では、それらの検出信号を個別に駆動系 7 3 から供給される振動ミラー 5 7 の駆動信号に同期して整流する複数の同期整流回路を備え、これらの同期整流回路から出力される複数のフォーカス信号が図 1 の制御装置 1 1 0 に供給されている。この際に、予め上記の T T R 方式の A F センサ (8 ~ 1 0 , 1 7) を用いて、ベストフォーカス位置のキャリブレーションが行われているものとする。即ち、投影光学系 1 1 の露光領域に図 1 の基準マーク部材 8 の表面を移動して、その基準マーク部材 8 の表面を像面に合焦させた状態で、図 2 の信号処理制御系 7 2 は、光軸調整用のハーピング 5 1 a の回転角を調整することによって、各フォーカス信号が 0 となるように調整を行っておく。それ以外に、その像面上での各フォーカス信号のレベルをオフセットとして記憶しておき、実際に各フォーカス信号を使用する場合に対応するオフセットを減算するようにしてもよい。このようにキャリブレーションを行った直後には、それらのフォーカス信号のレベルは、図 4 (a) の各スリット像 F 1 a ~ F 1 k が投影される領域の中心点、即ち各計測点における像面 (ベストフォーカス位置) からのデフォーカス量にほぼ比例している。

【 0 0 4 7 】

しかしながら、露光用の照明光の照射熱の影響や、A F センサ自体の計測値のドリフト等の影響によって次第に計測されるデフォーカス量に計測誤差が生じる恐れがあるため、例えば定期的にできるだけスループットが低下しないようにその斜入射方式の A F センサのキャリブレーションを行う必要がある。

図 2 の光学部材 6 4 a ~ 受光センサ 6 8 a 、及びハーピング 5 1 a より受光系が構成され、この受光系及び信号処理制御系 7 2 より受光検出系 1 1 8 a が構成されている。また、2 面反射部材 6 6 a 、及び後述の図 3 のミラー 6 6 b (1 面反射部材) より第 2 の反転光学系が構成されている。

【 0 0 4 8 】

そして、図 1 の制御装置 1 1 0 内の演算部は、それらの複数のデフォーカス量を例えば最小自乗法で演算処理することによって、露光領域 I U 内でのウエハ 7 の表面の像面に対する平均的なデフォーカス量、及び平均的な傾斜角のずれ角を算出し、これらのデフォーカス量、及び傾斜角のずれ角を相殺するように Z チル

トステージ 3 を駆動することで、露光領域 I U におけるウエハ 7 の表面をオートフォーカス方式で像面に合焦させる。また、ウエハ 7 の各ショット領域に対する露光中には、所定のサンプリングレートで継続して各計測点でのデフォーカス量の計測が行われ、この計測値に基づいてサーボ方式で Z チルトステージ 3 を駆動することによって合焦が連続的に行われる。

【0049】

また、本例では第 1 の斜入射方式の A F センサ (117 a, 118 b) と並列に第 2 の斜入射方式の A F センサ (117 b, 118 b) が配列されている。

図 3 はその第 2 の斜入射方式の A F センサ (117 b, 118 b) を示し、この図 3 において、図 2 に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。図 3 において、光ファイバ束の第 2 の射出端 52 b より射出された照明光 F 2 は、レンズ 53 b を経て照明スリット部 54 b を照明する。図 4 (b) は、露光領域 I U を含む領域上に照明スリット部 54 b の像 (これも 54 b で表す) を投影した状態を表し、この投影像で示すように、照明スリット部 54 b には第 1 の A F センサの照明スリット部 54 a とほぼ線対称の配置で複数の開口パターンが形成されている。

【0050】

図 3 において、照明スリット部 54 b を通過した照明光 F 2 は、レンズ 55 b、ミラー 56 b、振動ミラー 57、リレー系 58 b、レンズ 59 b を経て一度それらの開口パターンの像 (スリット像) を形成する。これらの開口パターンの像から発散する照明光 F 2 は、レンズ 60 b、2 回反射部材 61 b、レンズ 62 b、光路シフト用の光学部材 63 b を介して、投影光学系 11 の光軸 A X に対して斜めにウエハ 7 の表面に、図 4 (b) に示すようにスリット像 F 2 a ~ F 2 k を投影する。スリット像 F 2 a ~ F 2 k の投影方向 D 2 は、露光領域 I U に対して僅かに時計回りに傾斜している。また、中央のスリット像 F 2 f の中心は、露光領域 I U の中心に合致している。図 3 の振動ミラー 57 は、図 2 の第 1 の A F センサと共用されており、光ファイバ束の射出端 52 b ~ ミラー 56 b、振動ミラー 57、リレー系 58 b ~ 光学部材 63 b より送光系 117 b が構成されている。

【0051】

図4(c)は、図4(a)のスリット像F1a～F1kと図4(b)のスリット像F2a～F2kとを合成した状態を示し、この図4(c)において、第1のAFセンサのスリット像の投影方向D1と第2のAFセンサのスリット像の投影方向D2とは、 $10^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 程度(図4(c)では 25° 程度)の交差角で交差している。更に、第1のAFセンサのスリット像F1d, F1f, F1iのそれぞれの中心の計測点と、第2のAFセンサのスリット像F2d, F2f, F2iのそれぞれの中心の計測点とは合致しており、スリット像F1d, F1f, F1iのそれぞれの中心の計測点を通る直線は、露光領域IUの中心を通りY軸(非走査方向)に平行な直線となっている。また、全てのスリット像F1a～F1k, F2a～F2kは、投影光学系11の像面側の有効視野EF内に収まっている。しかしながら、例えば走査露光時にフォーカス位置の先読みを行うような場合には、それらのスリット像の一部を走査方向に対して有効視野EFの外部に照射してもよい。

【0052】

図3において、ウエハ7の表面で反射した照明光F2は、光路シフト用の光学部材64b、レンズ65b、ミラー66b、レンズ67b、及び平行平面ガラスよりなる光軸調整用のハービング51bを経て、受光センサ68bの受光面に複数のスリット像(これらも「F2a～F2k」と呼ぶ)を再結像する。なお、図2のハービング51a、及び図3のハービング51bが図1では一つのハービング51として表されている。

【0053】

図17(b)に示すように、その受光センサ68bの受光面にも、再結像されるスリット像F2a～F2kの近傍にスリット状の開口70ba～70bkが形成され、これらの開口70ba～70bkの底面に互いに独立に光電検出器68ba～68bkが固定され、これらの光電検出器68ba～68bkの検出信号が並列に図3の信号処理制御系72に供給されている。信号処理制御系72は、第1のAFセンサと共用されており、それらの検出信号を個別に振動ミラー57の駆動信号で同期整流して得られる複数のフォーカス信号が図1の制御装置11

0に供給されている。第1のAFセンサと同様にTTR方式のAFセンサ（8～10，17）を用いてキャリブレーションが行われた直後には、それらのフォーカス信号のレベルも、図4（b）の各スリット像F2a～F2kが投影される領域の中心点、即ち各計測点における像面からのデフォーカス量にほぼ比例している。

【0054】

図3の光学部材64b～受光センサ68b、及びハーピング51bより受光系が構成され、この受光系及び信号処理制御系72より受光検出系118bが構成されている。本例の2軸の送光系117a，117bは共通の支持台（不図示）に固定され、2つの受光検出系118a，118b中の2軸の受光系も共通の支持台（不図示）に固定されている。そして、図1の制御装置110内の演算部は、その第2のAFセンサ（117b，118b）によって検出される複数のデフォーカス量を例えば最小自乗法で演算処理することによっても、露光領域IU内のウェハ7の表面の像面に対する平均的なデフォーカス量、及び平均的な傾斜角のずれ角を算出することができ、これらのデフォーカス量、及び傾斜角のずれ角を相殺するようにZチルトステージ3を駆動することで、露光領域IUにおけるウェハ7の表面を像面に合焦させることができる。

【0055】

以上のように、本例では斜入射方式の第1のAFセンサ（117a，118a）、又は第2のAFセンサ（117b，118b）の何れを用いてもオートフォーカス方式でウェハの表面を投影光学系11の像面に合焦させることができる。本例では、これらの斜入射方式の2つのAFセンサを使用して、これらのAFセンサ自体の光学系の熱変形等に起因する計測値のドリフト等の計測誤差のキャリブレーションを行うようにしている。この際に、上記の第1の反転光学系（ミラー61a及び2面反射部材61b）と、第2の反転光学系（2面反射部材66a及びミラー66b）とがそのドリフトを分離する役割を果たしている。以下ではそのキャリブレーションの原理、及びその具体的な方法につき説明する。

【0056】

まず、第1、及び第2の斜入射方式のAFセンサによるウェハ上でのスリット

像の振動方向の関係につき図5を参照して説明する。

図5は、図2及び図3の送光系117a, 117bの一部をまとめて示す概略図であり、この図5において、ウエハ上でスリット像F1a～F1kとスリット像F2a～F2kとが異なる方向に投影されていることを表すために仮想的にビームスプリッタBSVが配置されている。図5において、照明スリット部54aには開口パターン54Pが形成され、照明スリット部54bには開口パターン54Pと線対称な開口パターンが形成されており、これらの開口パターンを通過した照明光には、振動ミラー57により開口パターン54P'で示すように、共通に各スリット状の開口パターン54Pa～54Pkの短辺方向VDへの振動が与えられる。そして、一方の照明スリット部54aからの照明光F1は、リレー系58a～光学部材63aを介してウエハ7上に投影方向D1からスリット像F1a～F1kを投影し、他方の照明スリット部54bからの照明光F2は、リレー系58b～光学部材63bを介してウエハ7上に投影方向D2からスリット像F2a～F2kを投影する。

【0057】

この際に、照明光F1は第1の反転光学系の一部であるミラー61a（図2参照）を介しているため、スリット像F1a～F1kの振動方向VD1は、開口パターン54P'の振動方向VDとは逆転している。ところが、照明光F2は、第1の反転光学系の一部である2面反射部材61b（図3参照）を介しているため、スリット像F2a～F2kの振動方向VD2は、開口パターン54P'の振動方向VDと同じである。その際の作用効果を同一の計測点を照明しているスリット像F1f, F2fを例にとって図6を参照して説明する。

【0058】

図6(a)は、図5のウエハ7上のスリット像F1f, F2fを示す拡大図であり、この図6(a)において、図17の受光センサ68a, 68b上の対応するスリット状の開口70af及び70bfの共役像（これも開口70af, 70bfと呼ぶ）も示されている。図6(a)に示すように、スリット像F1f, F2fは、それぞれ対応する開口70af, 70bf上を同期して振動することとなり、これらの開口70af, 70bf上にある光量を光電変換した信号を図5

の振動ミラー 57 の駆動信号で同期整流して得られる信号がスリット像 $F1f$, $F2f$ に対応するフォーカス信号となる。ただし、スリット像 $F1f$ (照明光 $F1$) の振動方向 $VD1$ とスリット像 $F2f$ (照明光 $F2$) の振動方向 $VD2$ とは、図 6 (b) 及び (c) に示すように反転しているため、ウエハ 7 の表面がほぼ像面に合焦しているものとする、同期整流によって得られる 2 つのフォーカス信号の符号が逆になる。

【0059】

なお、図 6 (a) ではスリット像 $F1f$, $F2f$ は直交しているように表されているが、実際には両者は小さい交差角で交差しているため、両者の振動方向はほぼ逆になっている。これは後述の図 7 及び図 8 も同様である。図 6 (c) の曲線 $dF1$ 及び $dF2$ は、それぞれ照明光 $F1$ 及び $F2$ が反転した位相 (逆位相) で振動する様子を表しており、図 6 (c) の横軸は時間 t 、縦軸はウエハ 7 上での変位量 Fd である。

【0060】

図 6 の状態で、仮に図 2 のレンズ 60 a までの光学系、及び図 3 のレンズ 60 b までの光学系中の或る光学部材が共に同じ方向に変位した場合の計測値のドリフトにつき図 7 を参照して説明する。例えば熱変形等によって図 2 の振動ミラー 57 の振動の角度がウエハ面上で変位 Δd (この変位は受光検出系 118 a, 118 b から見たときの変位である) に相当する角度だけ変化した場合、図 7 (a) に示すように、或る時点でのスリット像 $F1f$ 及び $F2f$ の位置はそれぞれ Δd 及び $-\Delta d$ だけ移動して、点線で示す位置 $Q1$ 及び $Q2$ に移動する。実際には、図 5 に示すようにスリット像 $F1f$ 及び $F2f$ はほぼ同一直線上で逆方向に振動しているため、ウエハ 7 上では図 7 (b) に示すように、照明光 $F1$ 及び $F2$ はほぼ互いに逆方向に Δd だけ移動するようになることになる。

【0061】

一方、図 6 の状態で、仮にウエハ面のフォーカス位置が図 8 (b) に示すように ΔZh だけ変位した場合には、照明光 $F1$, $F2$ の照射位置はそれぞれ位置 $F1'$, $F2'$ で示すように、受光検出系 118 a, 118 b から見たときに Δh だけ移動する。照明光 $F1$, $F2$ の光軸のウエハ面に対する入射角を θ とすると

次の関係がある。

【0062】

$$\Delta h = 2 \cdot \Delta Z_h \cdot \sin \theta \quad (1)$$

この際に、図8(a)に示すように、スリット像F1f及びF2fの位置は同じ方向に Δh だけ移動して、それぞれ点線で示す位置Q1'及びQ2'に移動する。実際には、受光検出系118a, 118bから見たときのスリット像のウエハ面上での変位(これを x とする)に係数 $k (= 1 / (2 \cdot \sin \theta))$ を乗じて得られる値がウエハ面のフォーカス位置の計測値となるが、以下では簡単のためにウエハ面上での変位をフォーカス位置の計測値とみなすものとする。従って、図7及び図8の状態を合わせると、ウエハ7の実際のフォーカス位置の変化による変位を Δh 、及び振動ミラー57の角度変化による変位を Δd としたときに、スリット像F1fによるフォーカス位置の計測値 $\Delta f d 1$ は $(\Delta h + \Delta d)$ だけ変化し、スリット像F2fによるフォーカス位置の計測値 $\Delta f d 2$ は $(\Delta h - \Delta d)$ だけ変化する。即ち、図6の状態では、 $\Delta f d 1 = \Delta f d 2$ となるように調整されているものとする、両計測値の平均値 $\langle \Delta f \rangle$ 、及び両計測値の差分の平均値 δf はそれぞれ次のようになる。

【0063】

$$\begin{aligned} \langle \Delta f \rangle &= (\Delta f d 1 + \Delta f d 2) / 2 \\ &= \{ (\Delta h + \Delta d) + (\Delta h - \Delta d) \} / 2 = \Delta h \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \delta f &= (\Delta f d 1 - \Delta f d 2) / 2 \\ &= \{ (\Delta h + \Delta d) - (\Delta h - \Delta d) \} / 2 = \Delta d \end{aligned} \quad (3)$$

言い換えると、同じ計測点に投影される2つの照明光F1, F2(スリット像F1f, F2f)を使用して計測されるフォーカス位置 $\Delta f d 1$, $\Delta f d 2$ の平均値 $\langle \Delta f \rangle$ は、ウエハ7の表面のフォーカス位置の実際の変化量を表し、それらのフォーカス位置 $\Delta f d 1$, $\Delta f d 2$ の差分の平均値 δf は、斜入射方式の第1のAFセンサ、又は第2のAFセンサの何れかの光学部材の不規則な変位等に起因する計測値のドリフト Δd を表していることになる。従って、同一の計測点に照射される2つの照明光F1, F2を使用することによって、斜入射方式のAFセンサ(117, 118)の光学部材に起因する計測値のドリフトと、実際の

ウェハのフォーカス位置の変化量とが容易にかつ正確に分離できることになる。

【0064】

更に、本例では、図2及び図3に示したように、第1のAFセンサの2面反射部材66aと、第2のAFセンサのミラー66bとからなる第2の反転光学系が配置されている。これによって、例えばレンズ67a、ハーピング51a、又はレンズ67b、ハーピング51bの一部に熱変形等によって変位が生じ、これに伴ってフォーカス位置の計測値にドリフト Δd が生じたような場合にも、上記の(2)式、(3)式に基づいて照明光F1、F2による計測値の平均値 $\langle \Delta f \rangle$ 、及び両計測値の差分の平均値 δf を求めることによって、そのドリフト Δd のみを正確に分離することができる。

【0065】

以上の計測値のドリフトの分離方法の原理につき図9を参照してまとめて説明する。まず、図9(a)では、斜入射方式の第1、及び第2のAFセンサ(117、118)中で、照明スリット部54a、54bのドリフト(ブロック141)、振動ミラー57の振動中心の変動(ブロック143)、第1の送光系117a中の光学部材のドリフト(ブロック142)、及び第2の送光系117b中の光学部材のドリフト(ブロック144)が生じたときに、上記の第1の反転光学系が無い場合に、図2の第1のAFセンサの照明光F1、及び図3の第2のAFセンサの照明光F2が、それぞれウェハ面で矢印DA1及びDA2で示すように同一方向に移動することを示している。

【0066】

それに続く図9(b)は、送光系に第1の反転光学系(ミラー61a及び2面反射部材61b)を配置することによって(ブロック145)、照明光F1及びF2がそれぞれ矢印DA1及び $-DA2$ で示すように逆方向に移動することを示している。更に図9(c)は、ウェハのフォーカス位置の変化(ブロック146)によって、照明光F1及びF2がそれぞれ矢印DB1及びDB2で示すように同一方向に移動することを示している。次の図9(d)は、受光系に第2の反転光学系(2面反射部材66a及びミラー66b)を配置することによって(ブロック147)、照明光F1のドリフトによる移動方向、及びフォーカス位置の変

化による移動方向のみがそれぞれ矢印-DA1及び-DB1で示すように反転することを示している。その次の図9(e)は、更に第1の受光系118aの光学部材のドリフト(ブロック148)、及び第2の受光系118bの光学部材のドリフト(ブロック149)が生じると、照明光F1及びF2の像はそれぞれ矢印DC1及びDC2で示すように同一方向に移動することを示している。

【0067】

図9(e)において、照明光F1については左方向を+方向として、照明光F2については右方向を+方向とすると、全体として照明光F1及びF2の像の移動方向は、ウエハのフォーカス位置の変化量に関しては同一となり、光学部材のドリフトに関しては反転していることが分かる。従って、照明光F1及びF2によってそれぞれ計測されるフォーカス位置の計測値 $\Delta f d 1$ 及び $\Delta f d 2$ を(2)式、及び(3)式に代入することによって、実際のフォーカス位置の変化量とそれ以外のドリフトとが正確に分離される。

【0068】

上記のように第1のAFセンサのスリット像F1f及び第2のAFセンサのスリット像F2fを同時に投射してそれぞれフォーカス位置を計測するのは、ウエハ7に対する露光中にも行うことができる。しかしながら、より安定に計測を行うためには、例えばウエハの交換中に図1の投影光学系11の露光領域に基準マーク部材8を移動して、基準マーク部材8の表面に同時にスリット像F1f、F2fを投射してそれぞれフォーカス位置の計測を行うようにすればよい。

【0069】

更に、図4(c)の他の共通の計測点、即ちスリット像F1d、F2dが投影される計測点、及びスリット像F1i、F2iが投影される計測点においてもそれぞれ計測値のドリフト $\Delta d d$ 及び $\Delta d i$ を分離することが望ましい。そして、例えばこれらのドリフト Δd 、 $\Delta d d$ 、 $\Delta d i$ を平均化する(又は補間してもよい)することによって、スリット像F1a~F1k、及びスリット像F2a~F2kが投影される各計測点における計測値のドリフト $\Delta d'$ が求められる。このように求められた計測値のドリフトについては、例えば図1の制御装置110において、第1のAFセンサの各計測値からはその $\Delta d'$ を減算し、第2のAFセ

ンサの各計測値にはその $\Delta d'$ を加算するようなオフセット補正を行うことによって、第1、又は第2のAFセンサの何れの計測値であってもドリフト $\Delta d'$ が除去された値となる。それ以外に、図2の光軸調整用のハーピング51a、及び図3のハーピング51bの角度を変更して、その計測値のドリフト $\Delta d'$ を相殺するようにしてもよい。これ以降は、そのドリフト $\Delta d'$ の影響が除去されるため、斜入射方式の第1、又は第2のAFセンサを用いてより高精度にウエハの表面を像面に合焦させることができる。

【0070】

この際に、斜入射方式の第1、又は第2のAFセンサは露光工程を中断することなく使用することができるため、そのドリフト $\Delta d'$ を求める際に露光工程のスループットは殆ど低下しない。

なお、上記の(2)式に基づいて、図4(c)のスリット像F1d, F1f, F1i及びスリット像F2d, F2f, F2iが投影される共通の計測点においては、第1、及び第2の斜入射方式のAFセンサの計測値の平均値をもってフォーカス位置としてもよい。これらの計測値からはAFセンサの計測値のドリフトが除去されているため、それらの共通の計測点ではドリフトの補正を行うことなく、高精度にウエハのフォーカス位置を検出することができる。

【0071】

また、本例では、第1の反転光学系(61a, 61b)、及び第2の反転光学系(66a, 66b)をそれぞれ送光系117a, 117b、及び受光検出系118a, 118aの中間部に配置しているが、これらの反転光学系はできるだけウエハ7に近い位置に配置することが望ましい。できるだけウエハ7に近い位置に配置することによって、より多くの光学部材の変位に起因する計測値のドリフトを検出することができる。

【0072】

また、上記の実施の形態では、反転光学系として、例えば図2のミラー61a(1面反射部材)と図3の2面反射部材61bとを組み合わせているが、それ以外に図10、又は図11のような組み合わせを使用してもよい。即ち、反転光学系として、図10(a)に示す素通しのロッド状の光学部材120と、図10(

b) の側面が台形状で1回の反射を行う1面反射部材121、又は図10(c)のように2つの光学部材122, 123を組み合わせて、3回の反射を行わしめる3面反射部材との組み合わせを使用してもよい。更に、反転光学系として、図11(a)に示すミラー124(1面反射部材)と、図11(b)の2つの光学部材125, 126を組み合わせて2回の反射を行わしめる2面反射部材、又は図11(c)のように2つの光学部材127, 128を組み合わせて2回の反射を行わしめる2面反射部材との組み合わせを使用してもよい。

【0073】

更に、その反射光学系の一方の光学部材として、図12(a)のミラー129(1面反射部材)、図12(b)の2面反射部材130、又は図12(c)の3面反射部材131のように奇数回の反射を行う光学部材を使用したときには、他方の光学部材として偶数回の反射を行う光学部材を使用すればよい。

次に、上記の図1の投影露光装置において、インターバル・ベースラインチェック時に斜入射方式の2つのAFセンサの計測値のキャリブレーションを行う場合の動作につき図13のフローチャート、及び図14を参照して説明する。

【0074】

まず、図13のステップ201において、複数枚のウエハに対するレチクルのパターンの露光シーケンスが開始された後、ステップ202にてインターバル・ベースラインチェックを行うかどうかを判定し、これを行うときには、ステップ203に移行して図1に示すように、基準マーク部材8の表面を投影光学系11の露光領域に移動する。この際に、図15(b)の基準マーク8b, 8eの中心がそれぞれ図1のレチクル12のアライメントマーク43A, 43Bの像の中心にほぼ合致するようにXYステージ2の位置決めが行われる。この状態で、ステップ204において、撮像素子15等を含むRA顕微鏡、及びウエハアライメントセンサ160を用いて、ウエハアライメントセンサ160のベースライン量の計測(ベースラインチェック)が実施される。

【0075】

本例ではこのベースラインチェック動作と並行して、図2の斜入射方式の第1のAFセンサ(117a, 118a)を介して、基準マーク部材8の表面で図4

(c) の共通の所定の計測点、例えば中央のスリット像 F 1 f の照射点にてフォーカス位置 $\Delta f d 1$ を計測すると同時に、図 3 の斜入射方式の第 2 の A F センサ (117b, 118b) を介して、その共通の計測点であるスリット像 F 2 f の照射点にてフォーカス位置 $\Delta f d 2$ を計測する。次のステップ 205 において、図 1 の制御装置 110 は、(3) 式の 2 倍の値、即ち計測値のドリフト量の 2 倍である $2 \cdot \delta f = (\Delta f d 1 - \Delta f d 2)$ を計算し、この値の絶対値が許容値以下であるかどうかを調べる。この許容値は、例えば投影光学系 11 の焦点深度の幅よりも小さい所定の値に設定されている。そして、 $2 \cdot \delta f$ の絶対値がその許容値よりも大きいときには、ステップ 207 に移行して制御装置 110 は、TTR 方式の A F センサ (8~10, 17) を用いて上記のように投影光学系 11 の像面を決定し、基準マーク部材 8 の表面をその像面に合わせ込んだ状態で、斜入射方式の第 1、及び第 2 の A F センサ (117, 118) の各計測点でそれぞれフォーカス位置の計測を行わせ、これらの計測値がそれぞれ 0 になるようにキャリブレーションを行う。その後、ステップ 208 に移行して、斜入射方式の第 1、又は第 2 の A F センサを使用してオートフォーカス方式で合焦を行いながら 1 枚のウエハに対する露光が行われる。

【0076】

一方、ステップ 205 で、 $2 \cdot \delta f$ の絶対値がその許容値以下であるときには、ステップ 206 に移行して $\pm \delta f$ 、即ち $\pm (\Delta f d 1 - \Delta f d 2) / 2$ のオフセットをそれぞれ斜入射方式の第 1 の A F センサ、及び第 2 の A F センサの計測値に与えることで、それらの A F センサのキャリブレーションが行われる。その後で動作はステップ 208 に移行する。そして、1 枚のウエハへの露光終了後にステップ 202 でインターバル・ベースラインチェックを行うかどうかを判定するが、このインターバル・ベースラインチェックは所定枚数（例えば 1 枚、2 枚等）のウエハへの露光を行う毎に実行される。

【0077】

本例で例えば 1 枚のウエハ毎にインターバル・ベースラインチェックを行うものとした場合、図 4 (c) の或る一つの計測点（例えばスリット像 F 1 f, F 2 f の照射点）で斜入射方式の第 1 の A F センサ、及び第 2 の A F センサを用いて

計測されるウエハ面のフォーカス位置の計測誤差をそれぞれ $Zf1$ 、及び $Zf2$ とすると、計測誤差 $Zf1$ (又は $Zf2$) は図 14 (c) の曲線 133A のように変化する。即ち、図 14 (c) の横軸は経過時間 t であり、 $C1$ 、 $C3$ 等はそれぞれ 1 枚目のウエハ、3 枚目のウエハ、…の露光終了時点を表している。図 14 (c) の ΔZ は、例えば図 13 のステップ 205 内の許容値の 2 倍の値であり、1 枚目、3 枚目、及び 8 枚目のウエハの露光終了後に 2 つの AF センサの計測値の差分の絶対値が許容値を超えて、TTR 方式の AF を用いてキャリブレーションが実行されていることを示している。

【0078】

これに対して、図 14 (a) の曲線 132 は、 x 枚目 (x は例えば 1 ロット) のウエハ Cx の露光終了後に TTR 方式の AF センサを用いてキャリブレーションを行う場合の、斜入射方式の AF センサの計測誤差 $Zf1$ (又は $Zf2$) の一例を表しており、図 14 (b) の曲線 133 は、1 枚のウエハへの露光毎に TTR 方式の AF センサを用いてキャリブレーションを行う場合の、斜入射方式の AF センサの計測誤差 $Zf1$ (又は $Zf2$) の一例を表している。図 14 (a) の場合にはフォーカス位置の計測誤差が焦点深度を超える恐れがあるのに対して、図 14 (b) の場合には計測誤差は小さいがスループットは大幅に低下してしまう。これに対して、本例の図 14 (c) の場合には、TTR 方式の AF センサを使用する頻度が少なく済むためスループットがあまり低下しないと共に、曲線 133A がほぼ曲線 133 に等しいことから分かるように、計測誤差は小さく抑えられており、常に高い合焦精度が得られている。

【0079】

次に、本例の投影露光装置の合焦動作の他の例につき図 18 を参照して説明する。図 18 (a) ~ (c) は、それぞれ露光対象のウエハ 7 の周縁部を示し、図 18 (a)、(b) において、ウエハ 7 の中心方向の点線で囲まれた領域 7b は、ウエハ面がほぼ平坦で斜入射方式の AF センサ (117, 118) によって高精度にフォーカス位置の計測ができ、これに基づいてオートフォーカス方式 (オートレベリング方式を含む) で合焦可能な領域である。これに対して、周縁部の輪帯状の領域 7a は、例えばウエハの厚さが比較的大きく変化しているために、

ウエハのフォーカス位置が斜入射方式のAFセンサ(117, 118)の計測レンジから外れる恐れがあり、オートフォーカス方式では合焦を行うことが困難である領域である。

【0080】

このとき、まず図18(a)に示すように、領域7a及び7bに跨って存在しているショット領域SAに露光を行うものとして、ショット領域SAを投影光学系の露光領域に移動したときに、斜入射方式のAFセンサによるフォーカス位置の複数の計測点の中で最もウエハ中心から遠い計測点162が領域7a内にあるとする。この場合、計測点162がオートフォーカス可能な領域7bに入るように、ウエハ中心に向かう直線160に沿ってウエハ7を移動して、仮想的に投影光学系の露光領域が領域7bの輪郭に内接する矩形の領域SA1上にあるようにして、斜入射方式のAFセンサを用いてオートフォーカス方式でウエハ7の表面を像面に合焦させる。その後、図1のZチルトステージ3をロックして、ウエハ7を元の位置に戻してから露光を行う。これによって領域7aに部分的に入っているショット領域SAに対する合焦精度が向上する。

【0081】

また、例えば全体がオートフォーカス動作が困難な領域7aに入っているショット領域に対しては、直前に露光した少なくとも一部が領域7bに入っているショット領域で計測されたフォーカス位置のデータに基づいて合焦を行うものとする。ただし、最初に露光するショット領域が領域7a内にある場合には、ショット領域SAと同様に、フォーカス位置の計測点を領域7b内に移動させてフォーカス位置の計測を行う。これによって、スループットをあまり低下させることなく、比較的高い合焦精度が得られる。

【0082】

次に、図18(b)に示すように、領域7aに少なくとも一部がかかっているショット領域SAに露光を行う場合、別の方法として、斜入射方式のAFセンサでフォーカス位置の計測を行うための代替ショット領域SA2を領域7b内で探し出して、この代替ショット領域SA2を露光領域に移動してオートフォーカス方式で合焦を行った後、Zレベリングステージ3をロックしてショット領域SA

を露光領域に移動して、露光を行うようにしてもよい。その代替ショット領域SA2は、例えばショット領域SAにできるだけ近く、かつ領域7b内にあるショット領域として自動的に選択される。なお、図18(b), (c)において、計測点161は、斜入射方式のAFセンサによるフォーカス位置の計測点の配置例である。

【0083】

同様に、図18(c)に示すように、ウエハ7の周縁部でオートレベリング動作が困難な領域7cに少なくとも一部がかかっているショット領域SAに対しては、オートレベリング動作が可能な領域7d内に代替レベリングショット領域SA3を探し出して、この代替レベリングショット領域SA3を露光領域に移動してオートレベリング方式で傾斜角を像面に合わせた後に、Zレベリングステージ3の傾斜角をロックしてショット領域SAを露光領域に移動して、露光を行うようにしてもよい。

【0084】

なお、上記の実施の形態では、2軸の斜入射方式のAFセンサ(117, 118)によってウエハ7のフォーカス位置を計測しているが、別の2軸の斜入射方式のAFセンサを用いて図1のレチクル12のフォーカス位置を計測し、この計測結果に基づいて、変動する像面にウエハ面が合焦されるようにZレベリングステージ3の駆動を行うようにしてもよい。更に、レチクルステージ50側にもレチクル12のフォーカス位置を制御するための合焦用のステージを設けるようにしてもよい。

【0085】

また、上記の実施の形態では、光学式の投影露光装置が使用されているが、例えば軟X線等の極端紫外光(EUV光)を露光光として使用するEUV露光装置や、露光ビームとして電子線を使用する電子線露光装置等でオートフォーカス方式で被露光基板のフォーカス位置の制御を行う場合にも、本発明が適用できることは言うまでもない。このように、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0086】

【発明の効果】

本発明の投影露光方法によれば、第1、及び第2のフォーカス位置検出系の共通の計測点における計測値を比較することによって、それらのフォーカス位置検出系の計測値のドリフト等を求めて補正することができる。従って、スループットをあまり低下させることなく、露光中にも高精度に投影光学系の像面に対する露光対象の基板の表面のデフォーカス量を検出できる利点がある。

【0087】

更に、スループットをあまり低下させることなく、高精度に投影光学系の像面に対して露光対象の基板の表面を合わせ込んで（合焦させて）、その基板上にマスクパターンの像を露光することもできる。

また、TTR方式のように投影光学系を介して所定のマークを検出することによってマスクと基板との合焦状態を検出する第3のフォーカス位置検出系を更に用いたときには、このフォーカス位置検出系の使用頻度を低くして、かつ合焦精度を高めることができる。また、本発明の投影露光装置によれば、本発明の投影露光方法を使用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態の一例で使用される投影露光装置を示す概略構成図である。

【図2】 図1中の第1の斜入射方式のAFセンサを示す構成図である。

【図3】 図1中の第2の斜入射方式のAFセンサを示す構成図である。

【図4】 第1、及び第2の斜入射方式のAFセンサから被検面上に投影される複数のスリット像の配置を示す図である。

【図5】 第1、及び第2の斜入射方式のAFセンサの全体的な概略構成を示す概念図である。

【図6】 第1、及び第2の斜入射方式のAFセンサから同一の計測点上に投影される2つのスリット像の振動の状態を示す図である。

【図7】 第1、及び第2の斜入射方式のAFセンサから同一の計測点上に投影される2つのスリット像が、光学系の変形等によって逆方向に移動する状態を示す図である。

【図 8】 第 1、及び第 2 の斜入射方式の A F センサから同一の計測点上に投影される 2 つのスリット像が、被検面のフォーカス位置の変化によって同一方向に移動する状態を示す図である。

【図 9】 第 1、及び第 2 の斜入射方式の A F センサ内に配置された第 1、及び第 2 の反転光学系の作用の説明に供する図である。

【図 1 0】 反転光学系の組み合わせの他の例を示す図である。

【図 1 1】 反転光学系の組み合わせの更に別の例を示す図である。

【図 1 2】 1 面反射部材、2 面反射部材、及び 3 面反射部材の例を示す図である。

【図 1 3】 その実施の形態において、インターバル・ベースラインチェックを行う際に斜入射方式の A F センサのキャリブレーションを行う場合の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 1 4】 インターバル・ベースラインチェックを行う際に斜入射方式の A F センサのキャリブレーションを行う場合のフォーカス位置の計測誤差の経時変化の一例、及びこの比較例を示す図である。

【図 1 5】 (a) は図 1 中の受光発光系 9 の構成を示す一部を切り欠いた拡大図、(b) は図 1 5 (a) の基準マーク部材 8 を示す平面図である。

【図 1 6】 T T R 方式の A F センサを用いて投影光学系の像面（ベストフォーカス位置）を決定する場合の説明図である。

【図 1 7】 (a) は図 2 の受光センサ 6 8 a を示す図、(b) は図 3 の受光センサ 6 8 b を示す図である。

【図 1 8】 その実施の形態の合焦動作の他の例を示す図である。

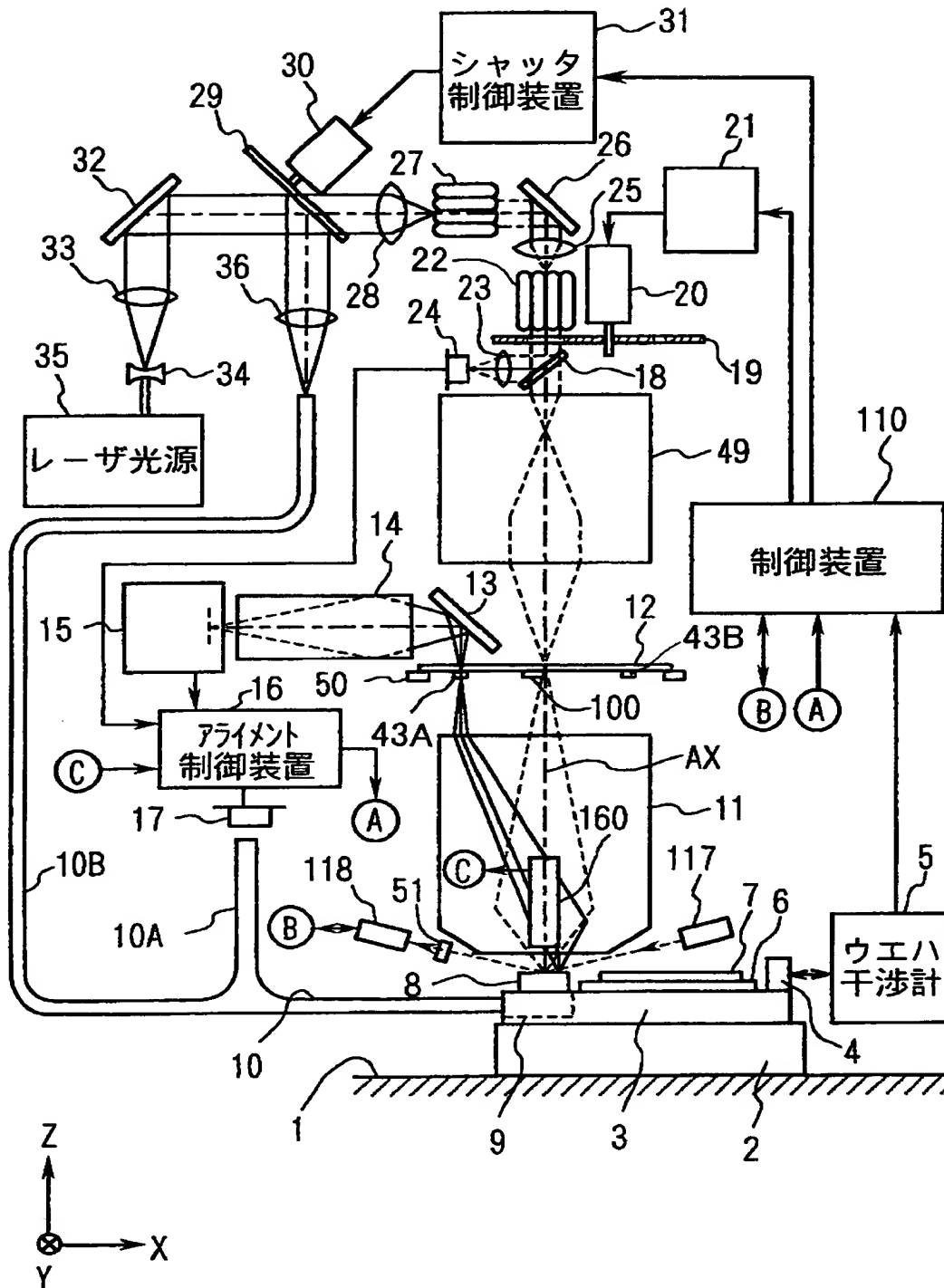
【符号の説明】

1 … 定盤、2 … X Y ステージ、3 … Z チルトステージ、7 … ウエハ、8 … 基準マーク部材、8 c … 開口パターン、9 … 受光発光系、1 0 … 光ファイバ束、1 1 … 投影光学系、1 2 … レチクル、2 9 … シャッタ、3 5 … レーザ光源、5 0 … レチクルステージ、5 1 a, 5 1 b … 光軸調整用のハーピング、5 4 a, 5 4 b … 照明スリット部、5 7 … 振動ミラー、6 1 b, 6 6 a … 2 面反射部材、6 8 a, 6 8 b … 受光センサ、7 2 … 信号処理制御系、1 1 0 … 制御装置、1 1 7 a, 1

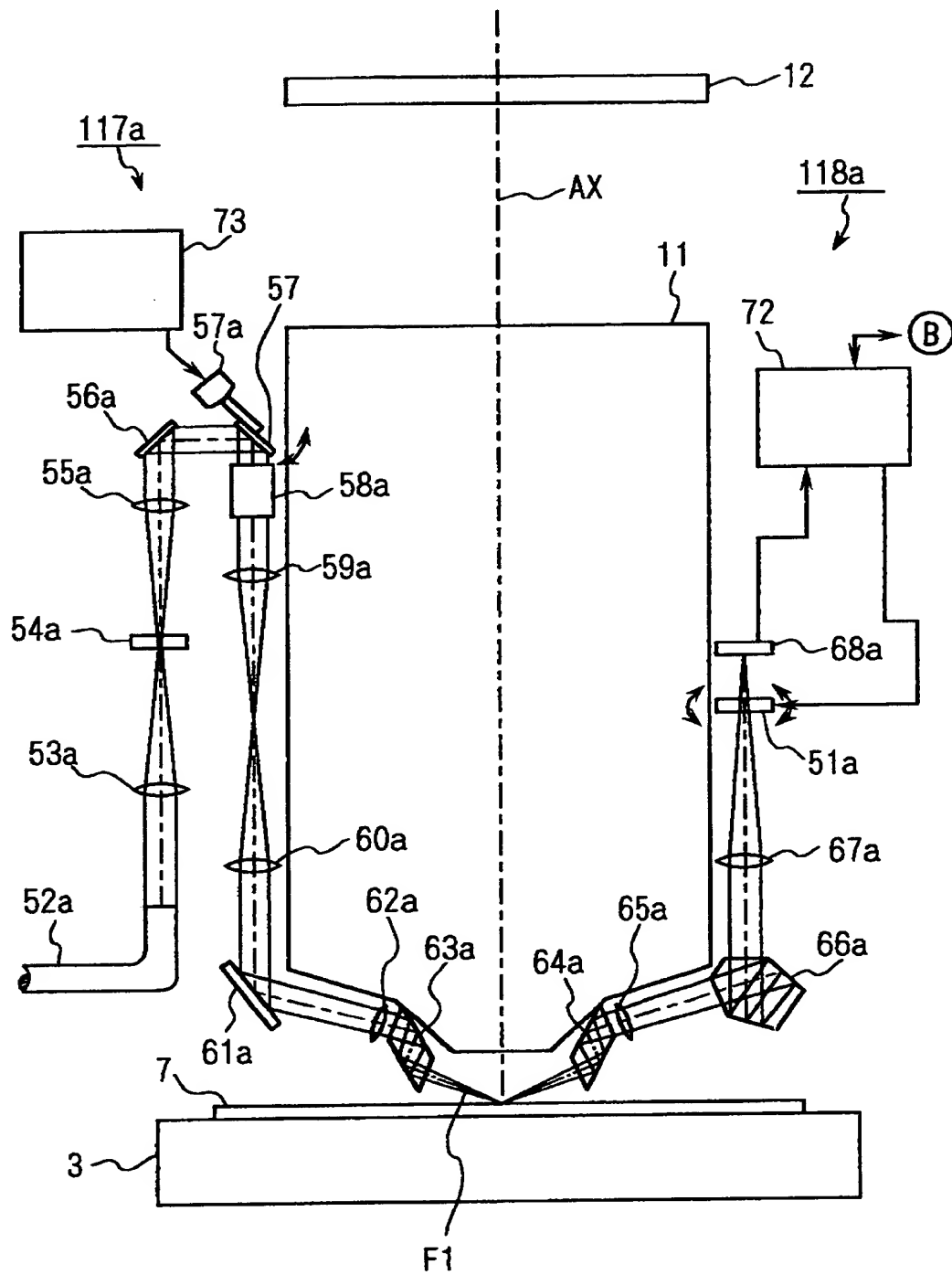
17b…斜入射方式のAFセンサの送光系、118a、118b…斜入射方式のAFセンサの受光検出系、160…ウエハアライメントセンサ

【書類名】 図面

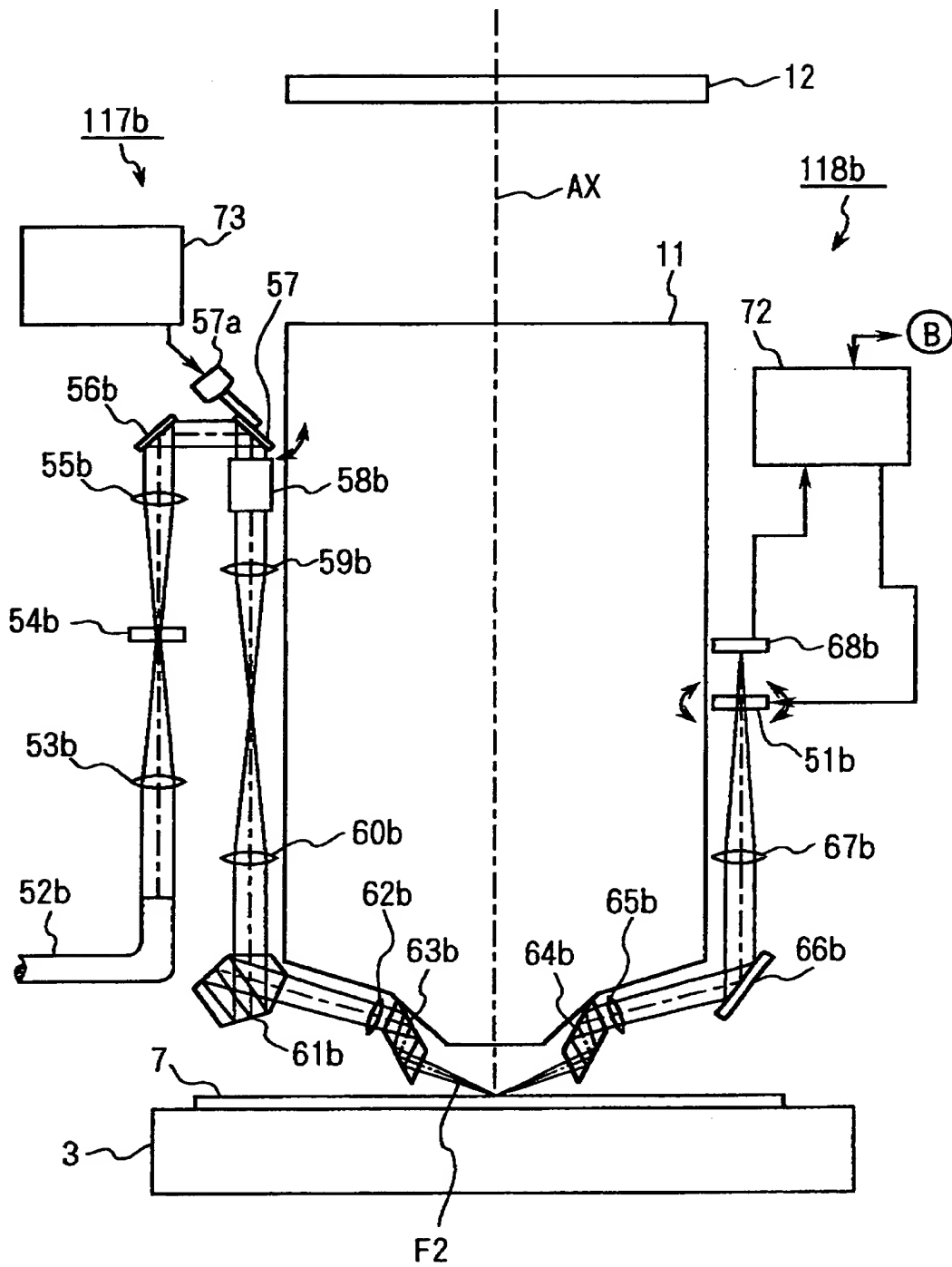
【圖 1】



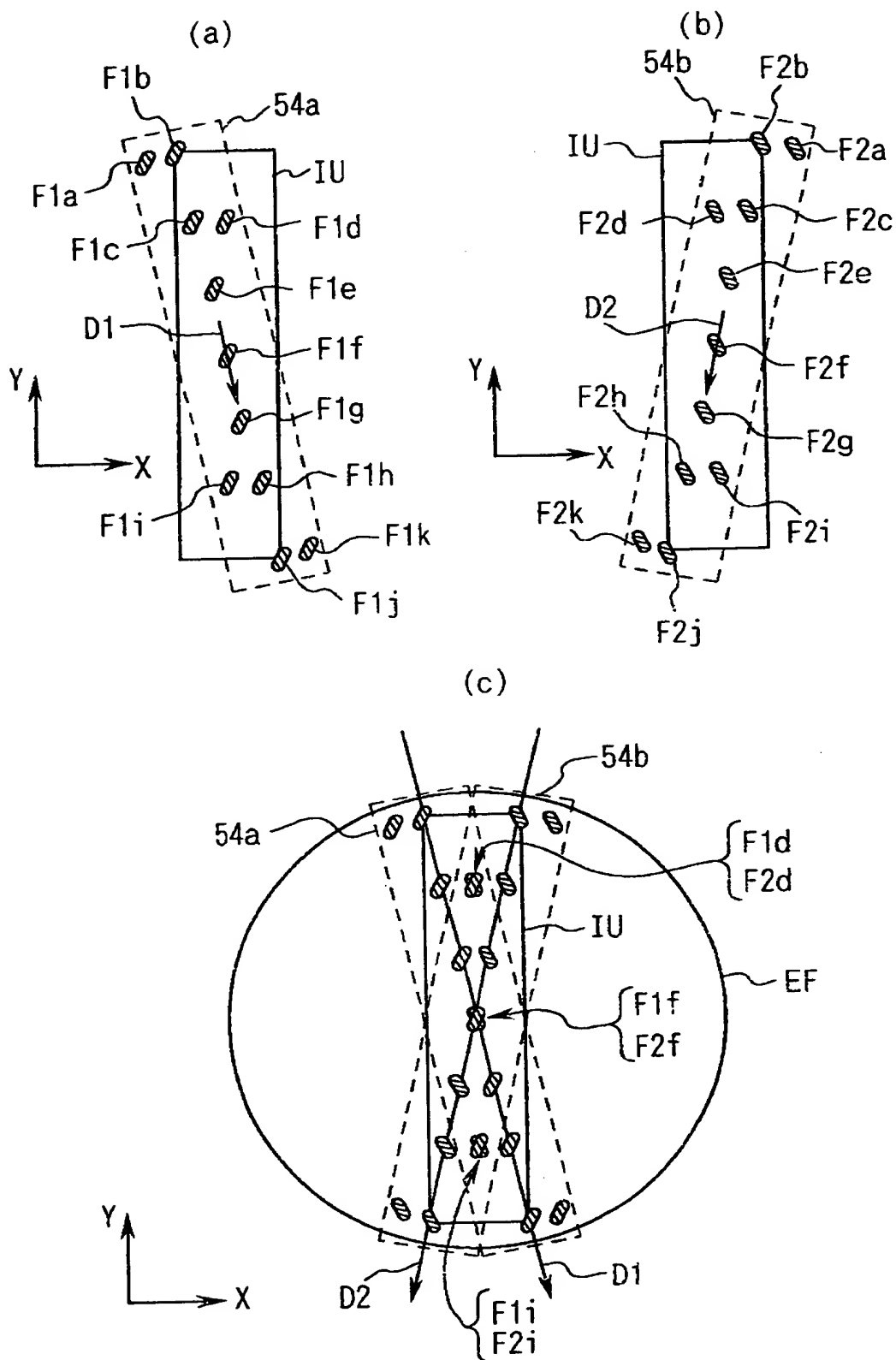
【図 2】



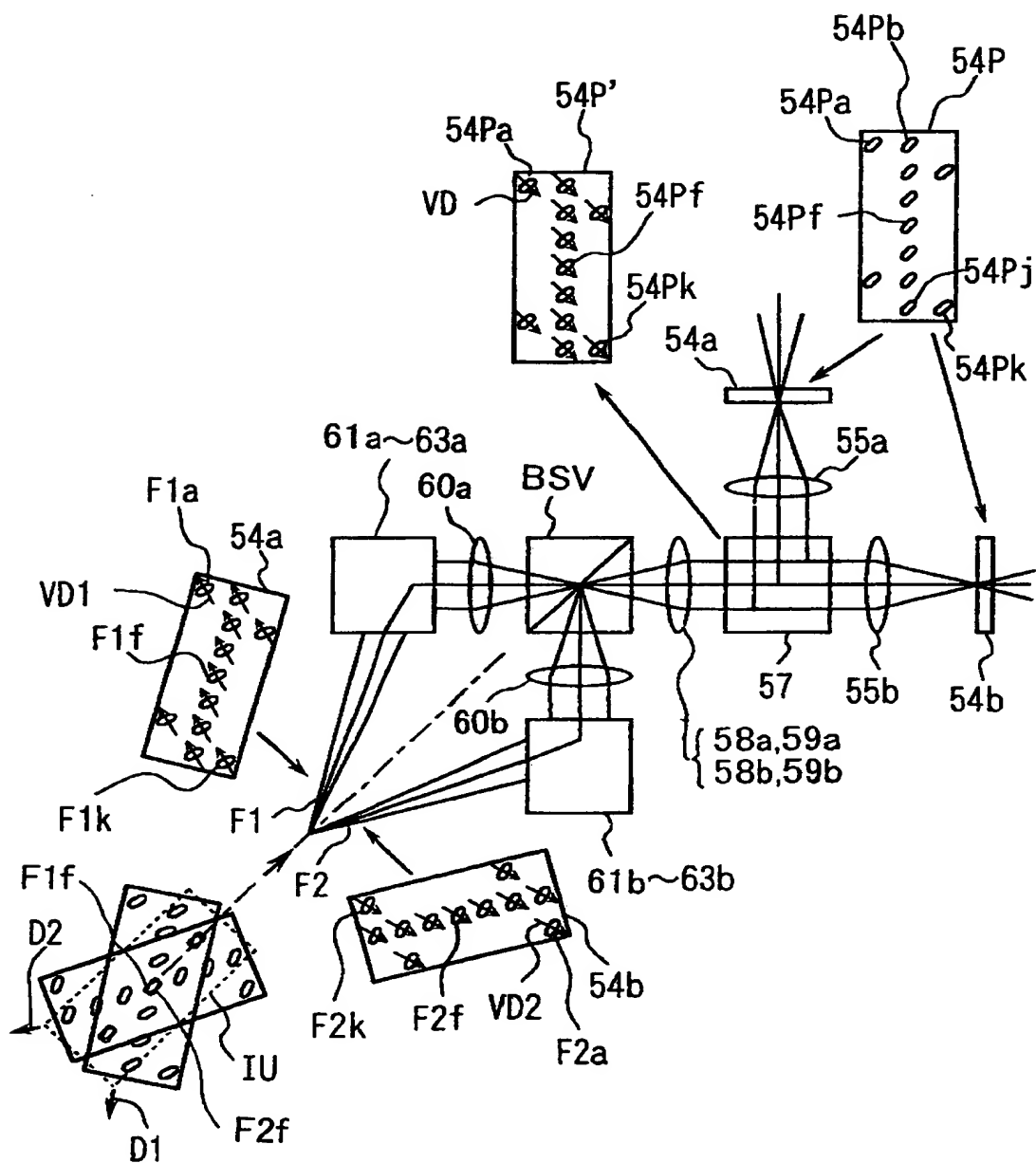
【図 3】



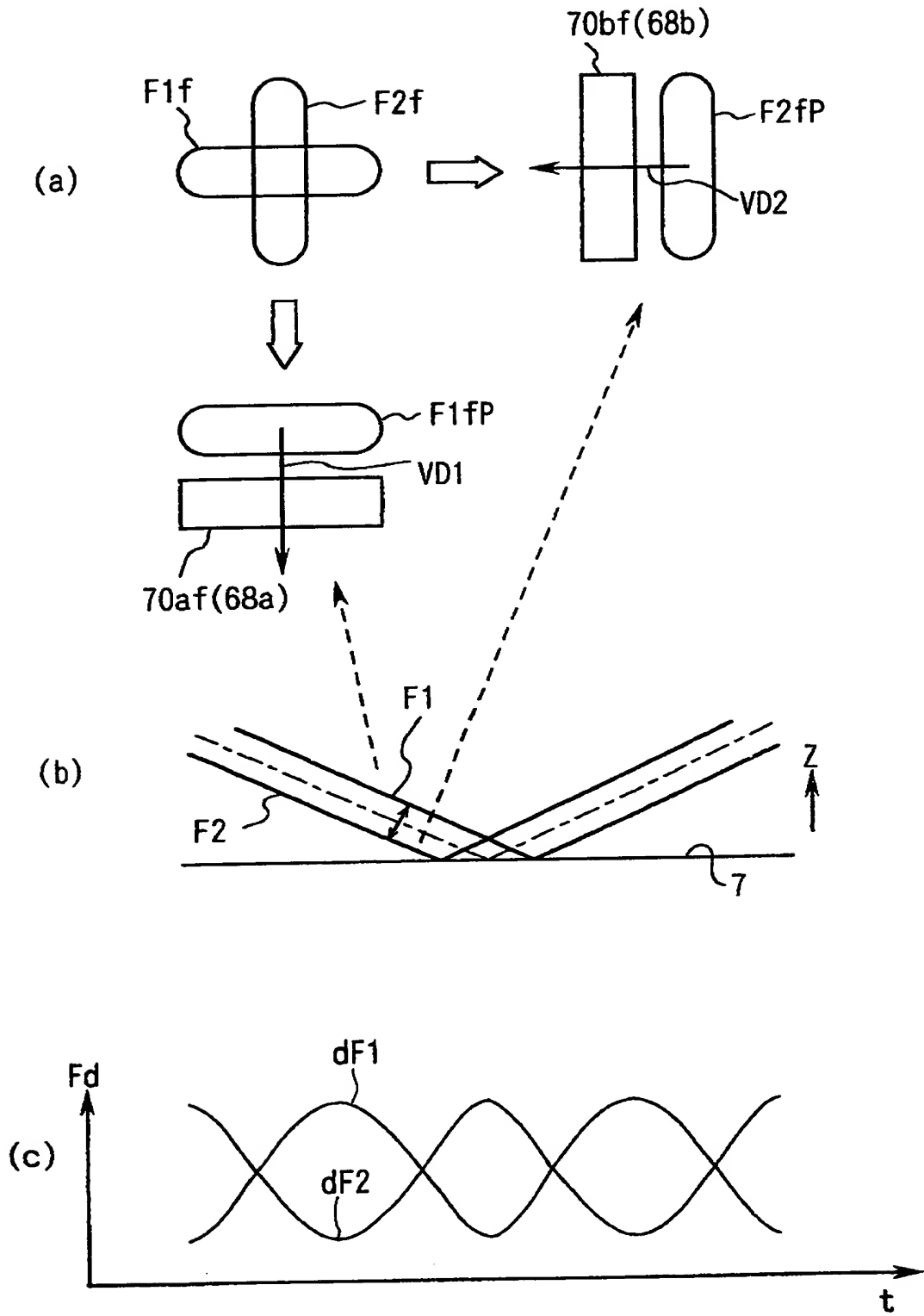
【図4】



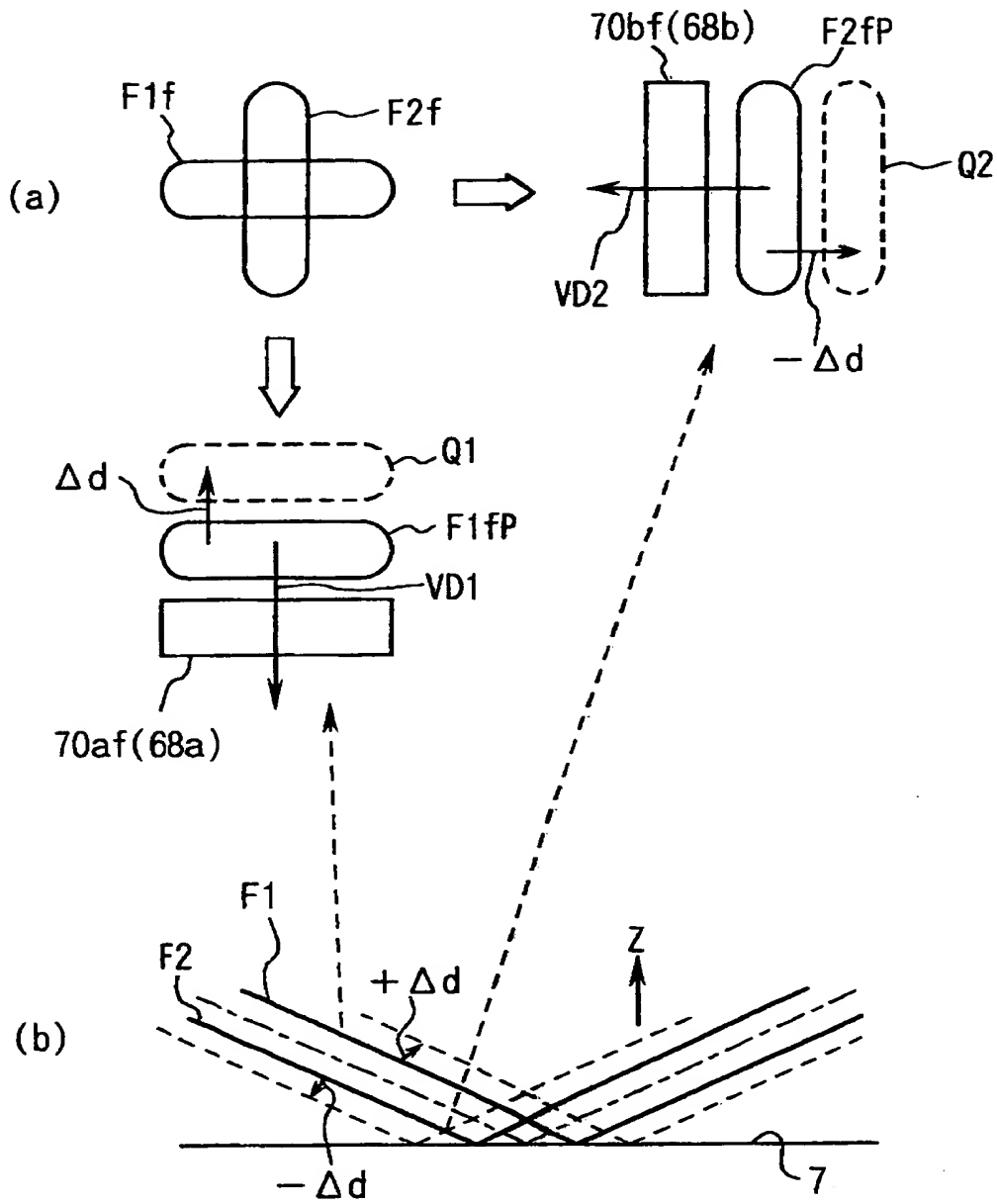
【図 5】



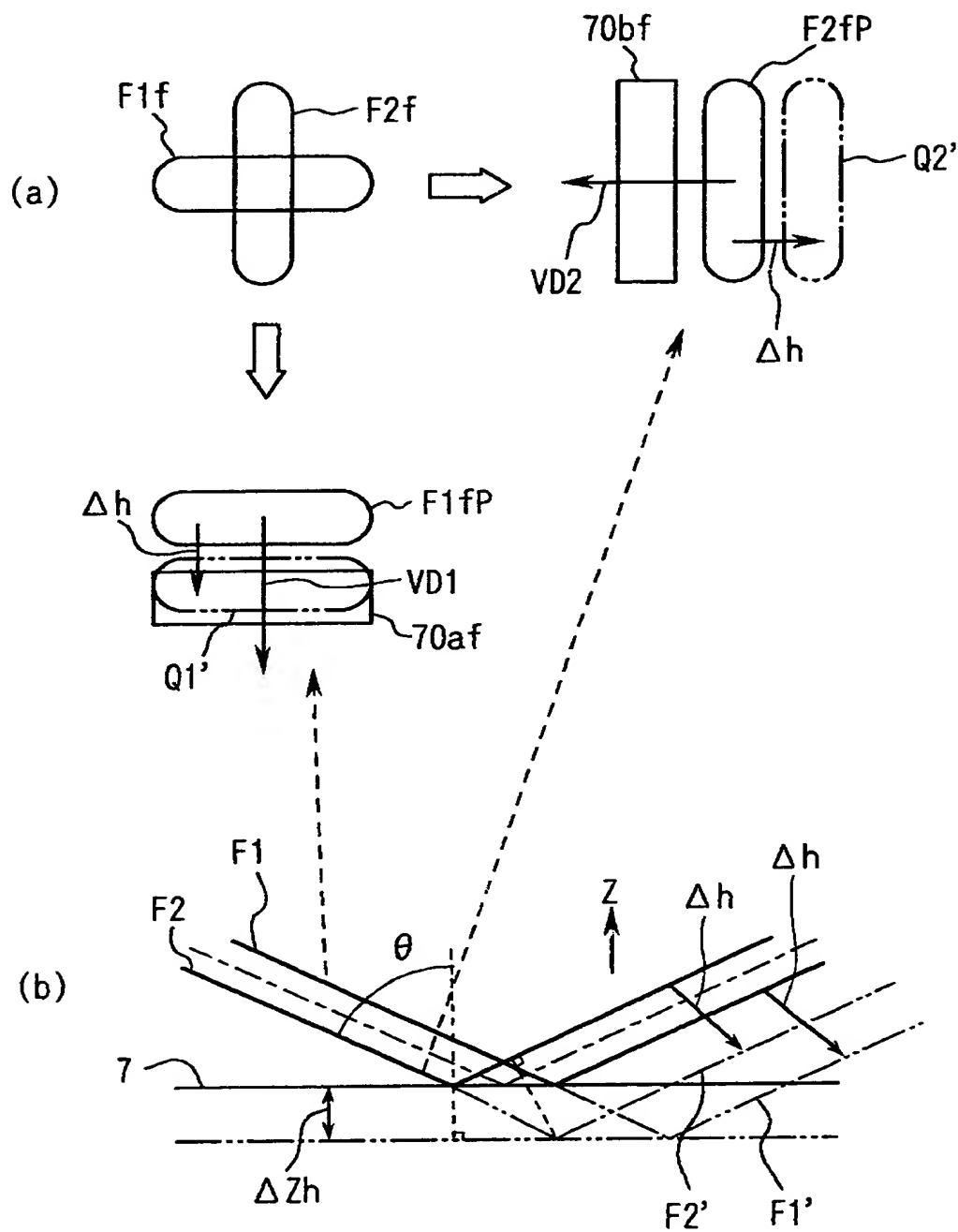
【図 6】



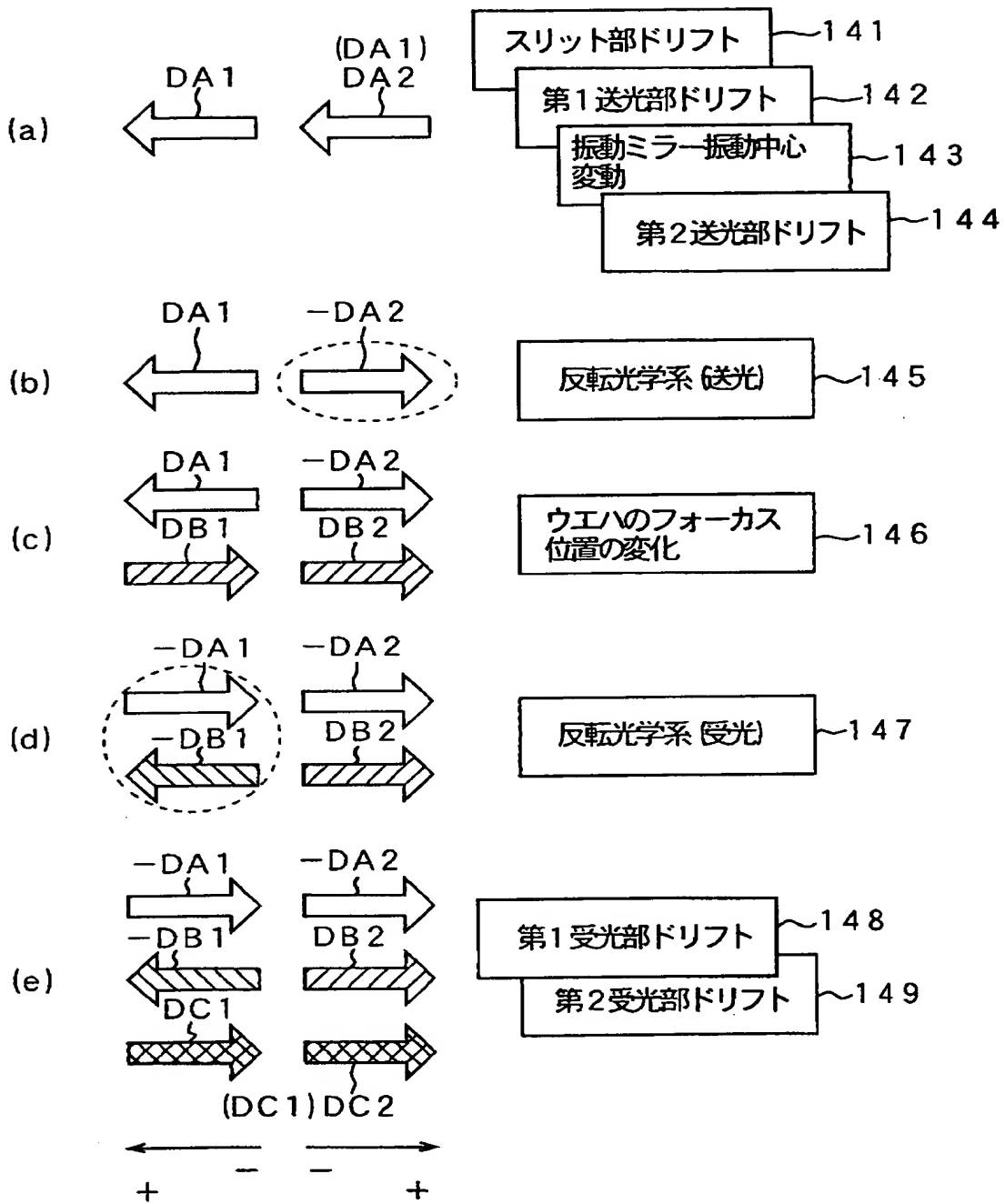
【図 7】



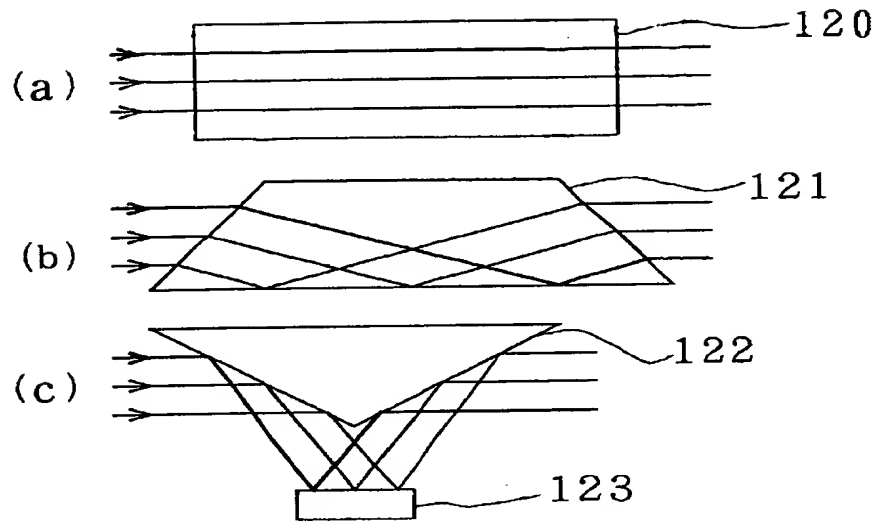
【図 8】



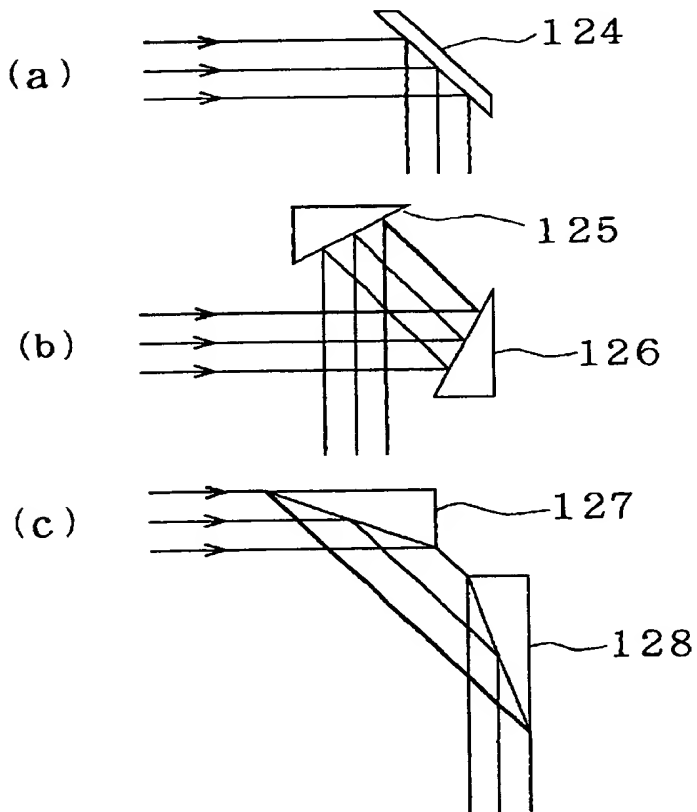
【図9】



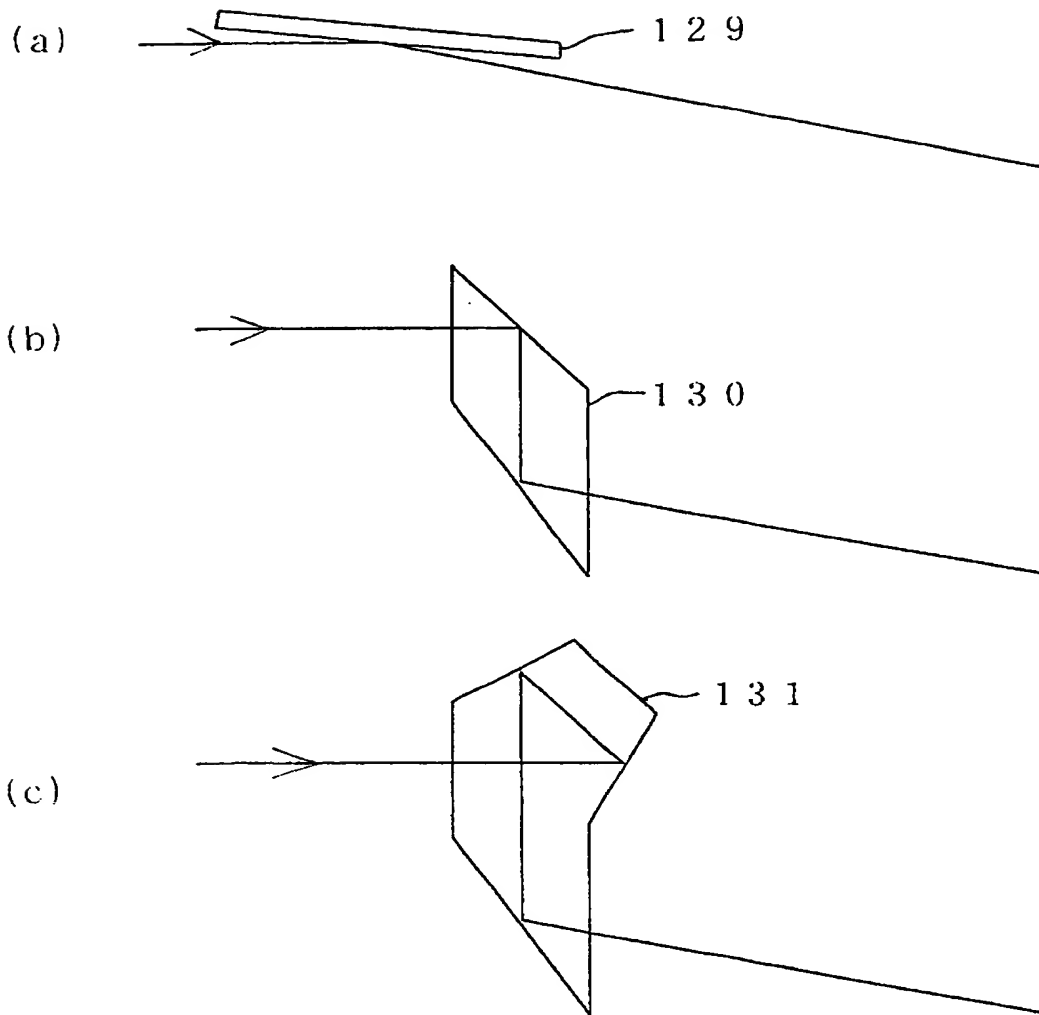
【図 10】



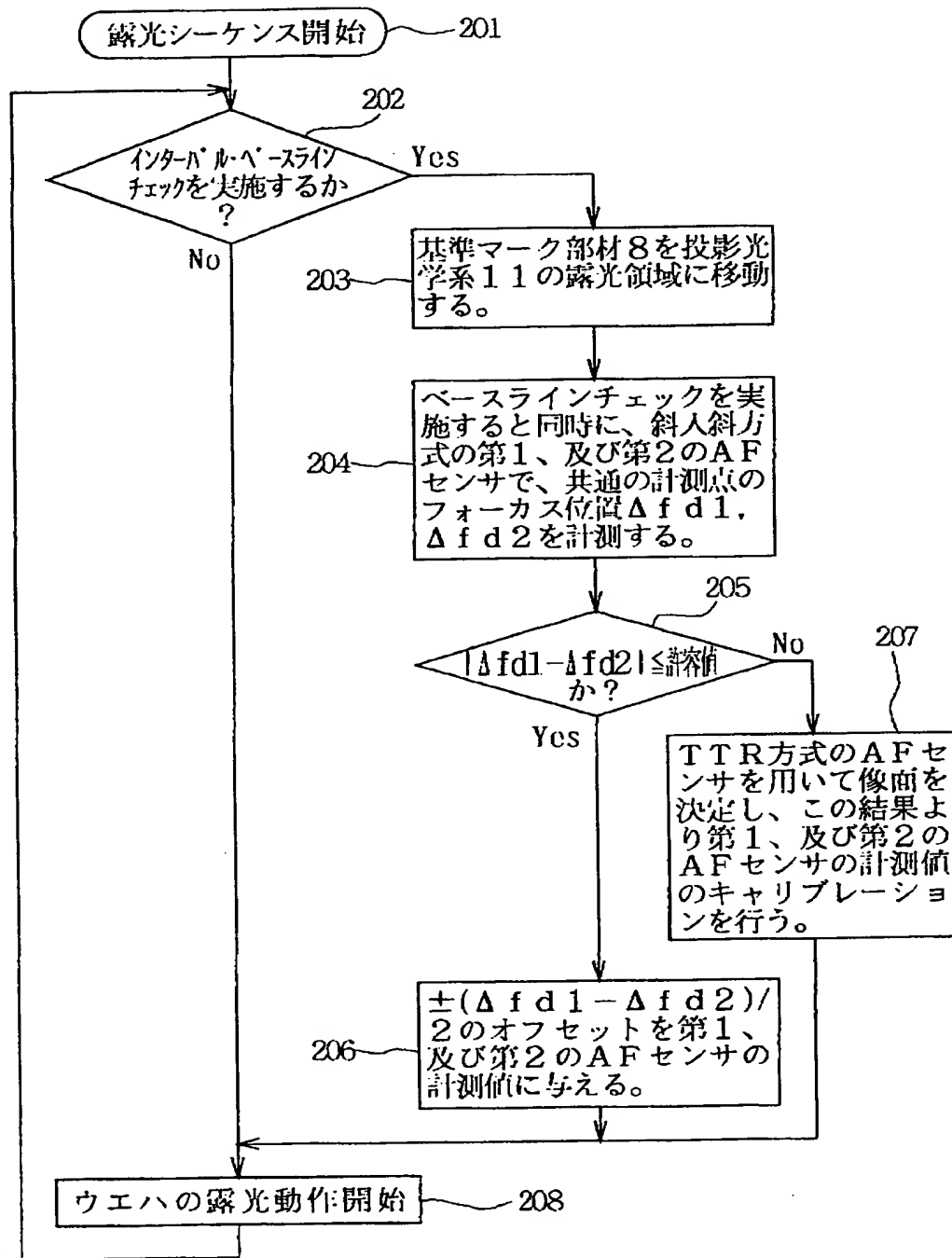
【図 11】



【図 12】

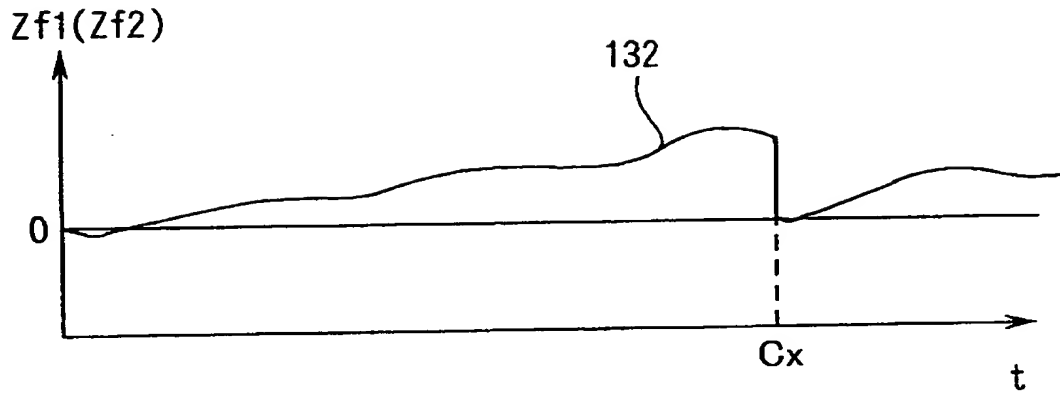


【図 13】

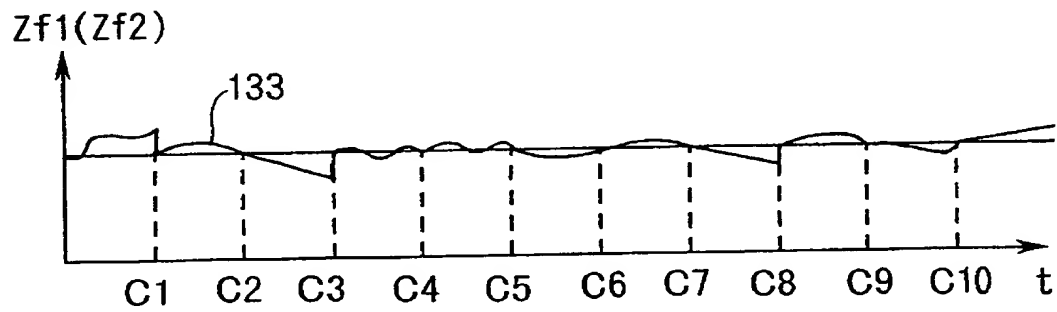


【図 14】

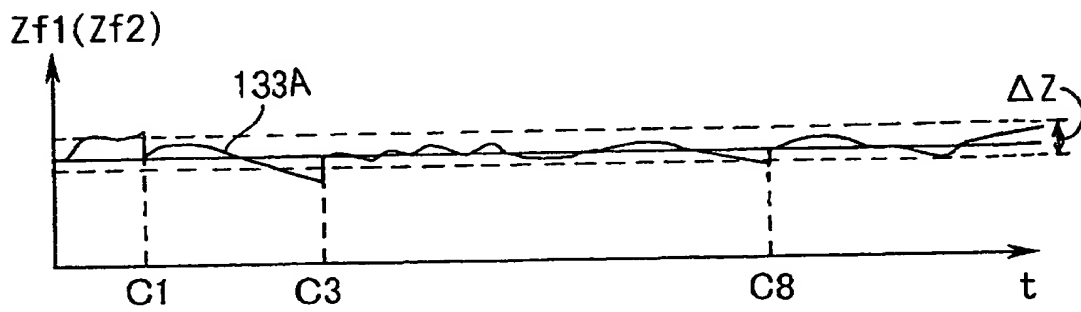
(a)



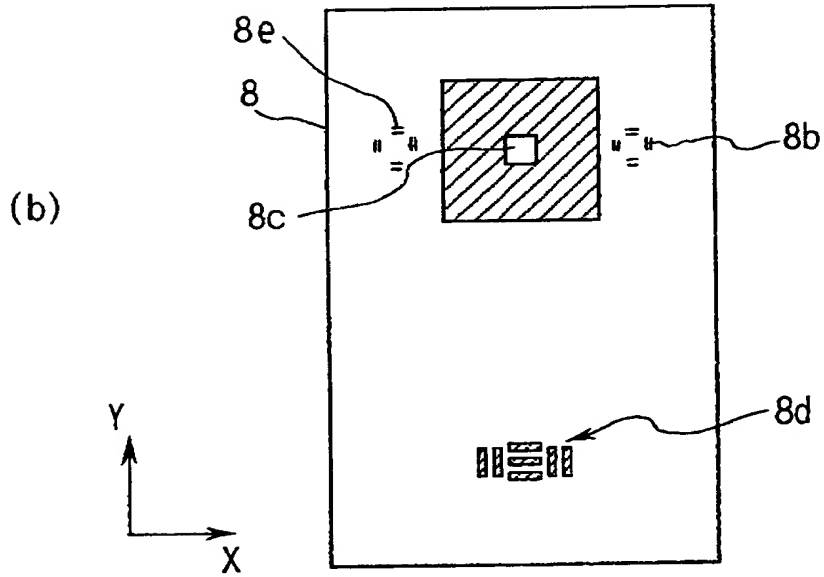
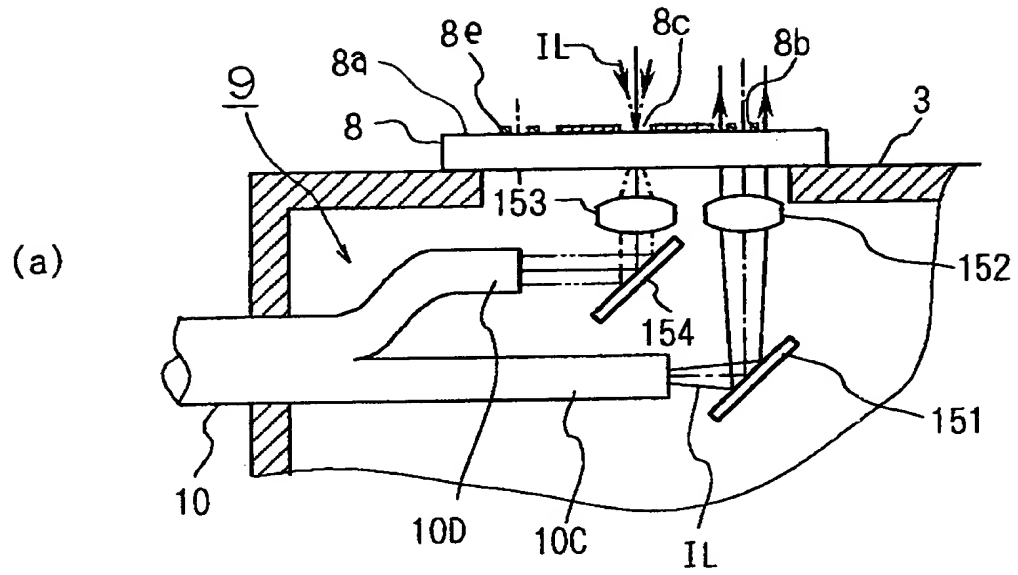
(b)



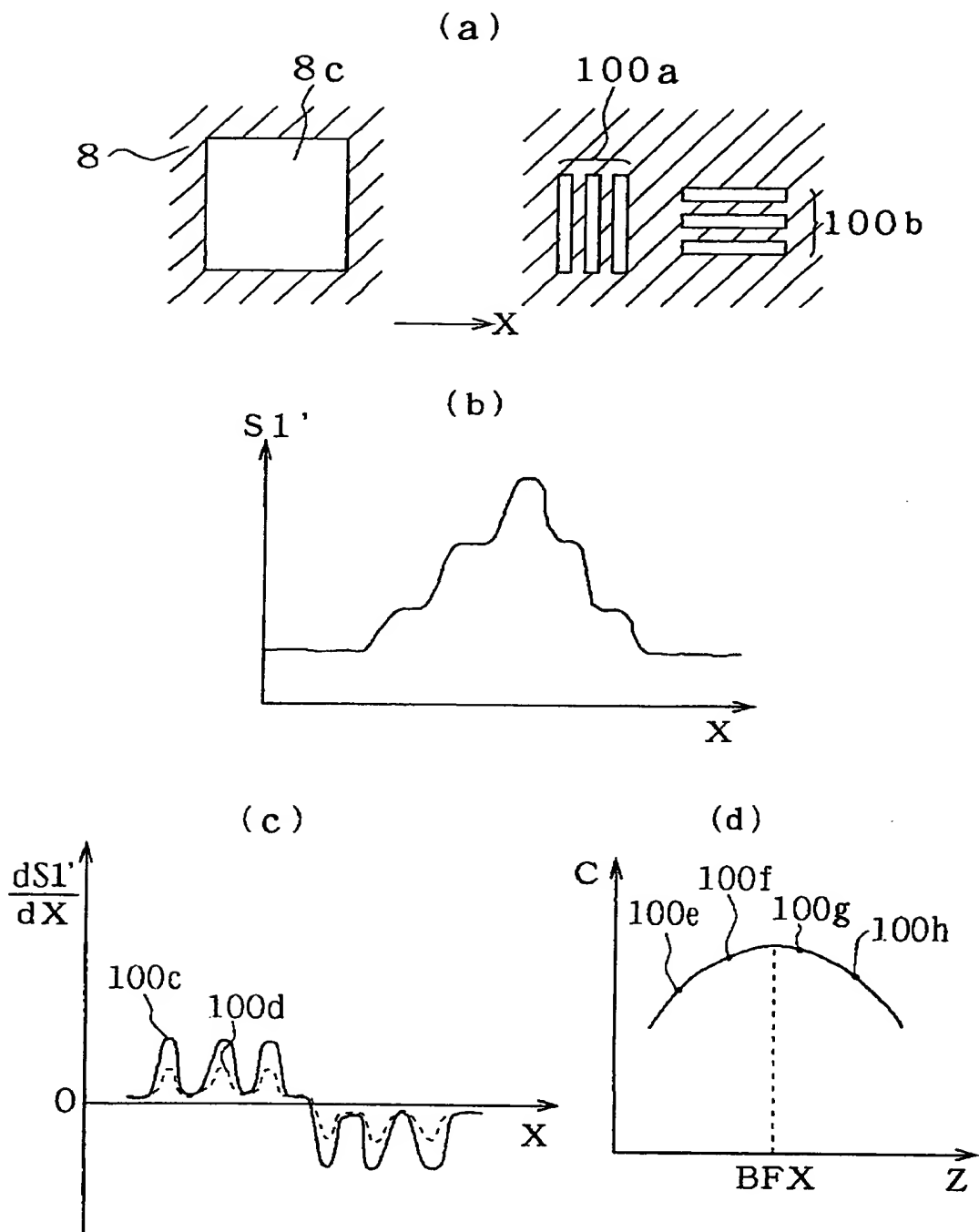
(c)



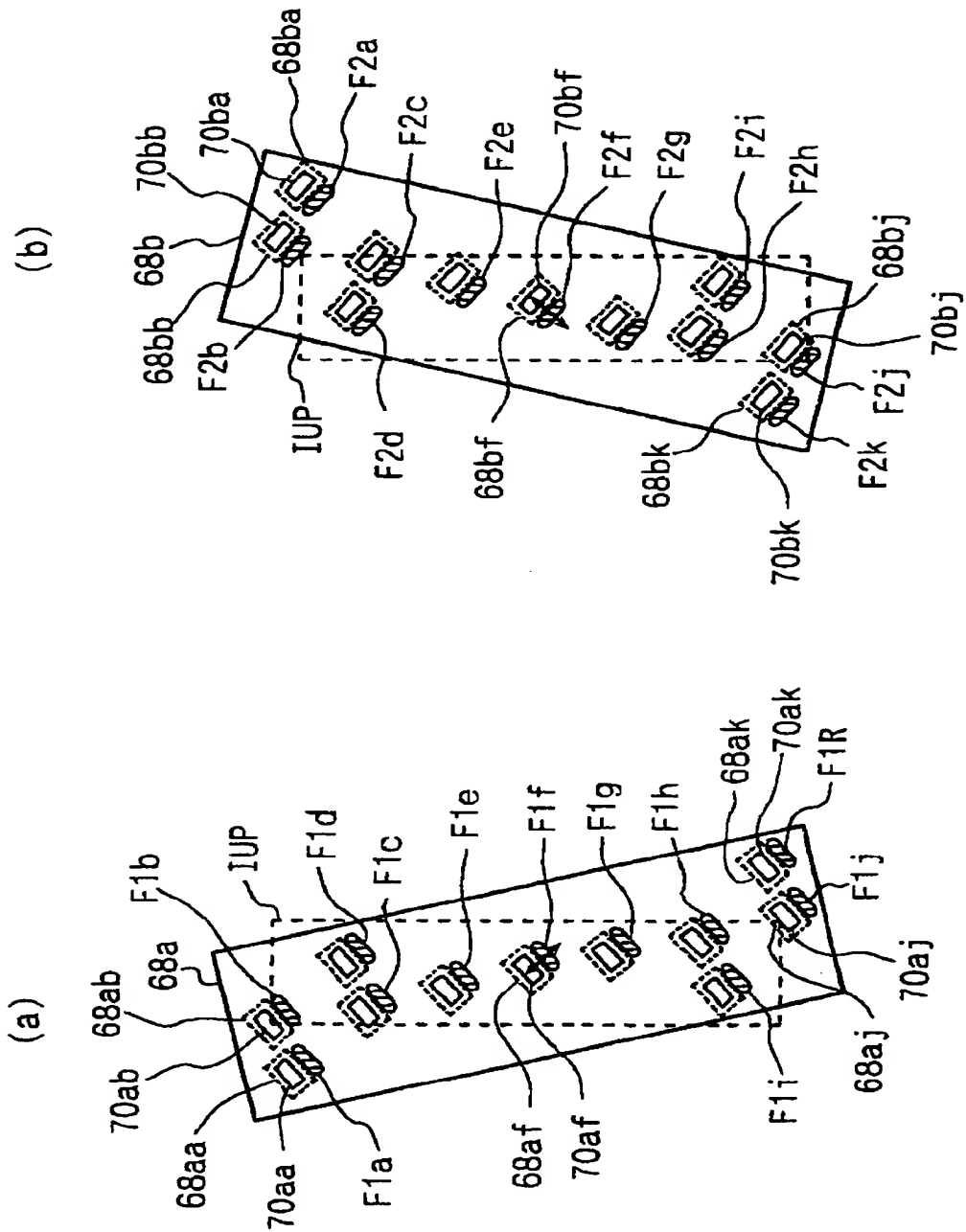
【図 15】



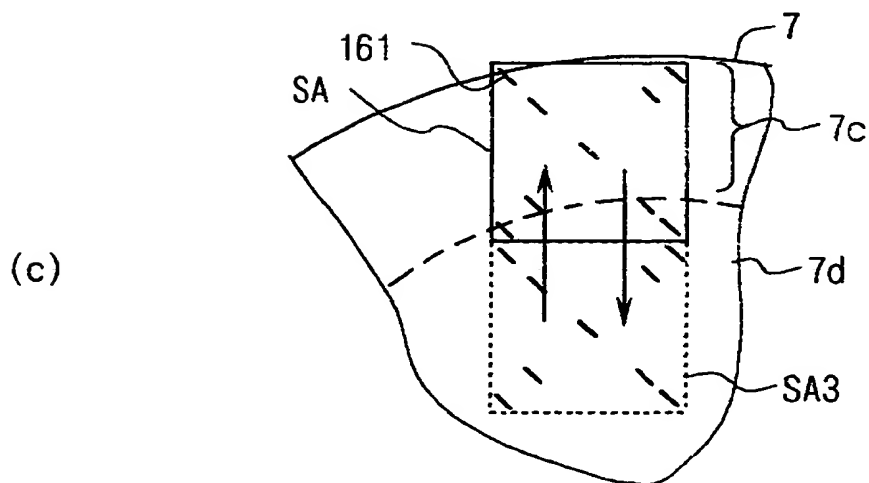
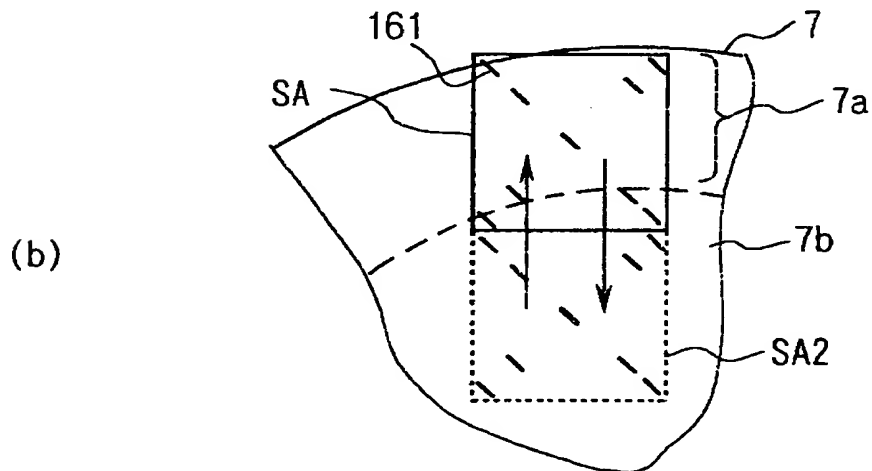
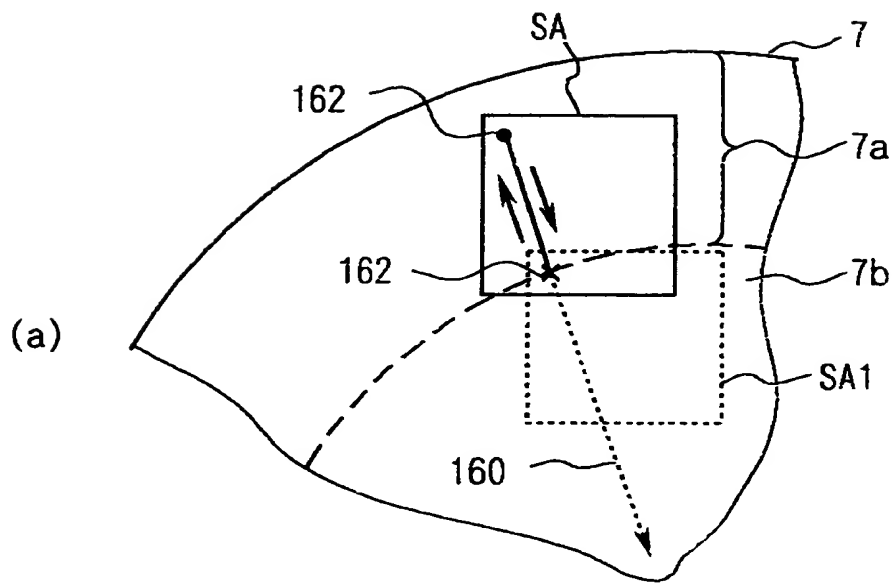
【図 16】



【図 17】



【図18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 スループットをあまり低下させることなく、露光中にも高精度に投影光学系の像面に対する露光対象の基板の表面のデフォーカス量を検出して、オートフォーカス方式で合焦を行う。

【解決手段】 照明スリット部 54 a ～光学部材 63 a を含む第 1 の斜入射方式の A F センサと、照明スリット部 54 b ～光学部材 63 b を含む第 2 の斜入射方式の A F センサとを用いて、それらの A F センサで共通の計測点にスリット像 F 1 f、F 2 f を照射してそれぞれフォーカス位置の計測を行う。2 つの計測値の差分の $1/2$ を計測値のドリフトとみなして、それらの A F センサの計測値に関してそのドリフトの補正を行う。その後、その第 1、又は第 2 の A F センサを用いてオートフォーカス方式で合焦を行う。

【選択図】 図 5

【書類名】
【訂正書類】

職権訂正データ
特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】 申請人

【識別番号】 100098165

【住所又は居所】 神奈川県川崎市多摩区登戸 2 0 7 5 番 2 - 5 0 1

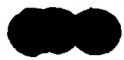
大森特許事務所

【氏名又は名称】 大森 聡

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン



1
2
3

4
5
6

7
8